

**PEMANFAATAN EKSTRAK TUMBUHAN UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO (*Phytophthora palmivora* Butler)**

*THE UTILIZATION OF PLANT EXTRACTS TO CONTROL CACAO
BLACK POD (*Phytophthora palmivora* Butler)*

AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN



**PROGRAM MAGISTER ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

**PEMANFAATAN EKSTRAK TUMBUHAN UNTUK PENGENDALIAN
PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO (*Phytophthora palmivora* Butler)**

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Disusun dan Diajukan Oleh

AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN

Kepada

**PROGRAM MAGISTER ILMU HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2013**

TESIS

PEMANFAATAN EKSTRAK TUMBUHAN UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO (*Phytophthora palmivora* Butler)

Disusun dan diajukan oleh

AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN
Nomor Pokok P4100211402

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 20 Agustus 2013
Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui
Komisi Penasehat,

Prof. Dr. Ir. Sylvia Sjam, MS

Ketua

Dr. Ir. Ade Rosmana

Anggota

Ketua Program Studi
Hama dan Penyakit Tumbuhan

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

Prof. Dr. Ir. Nurariaty Agus, MS

Prof. Dr. Ir. Mursalim

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN

Nomor Mahasiswa : P4100211402

Program Studi : Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila di kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 Agustus 2013

Yang Menyatakan

AMELIA A. LIMBONGAN

PRAKATA

Puji dan syukur ke hadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul : “Pemanfaatan Ekstrak Tumbuhan untuk Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora* Butler)” ini.

Penyusunan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister pada program pascasarjana Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Hasanuddin Makassar.

Dalam penyusunan tesis ini, berbagai pihak telah banyak memberikan dorongan, bantuan serta masukan sehingga dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. Ir Sylvia Sjam, MS dan Dr. Ir. Ade Rosmana selaku dosen pembimbing utama yang telah banyak memberikan inspirasi, bimbingan serta kelancaran dalam penyelesaian tesis ini.
2. Prof. Dr. Ir. Nurariaty Agus, MS, selaku Ketua Program Magister Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan yang memberikan motivasi yang berguna bagi penyelesaian tesis ini.
3. Teman-teman mahasiswa program magister Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan UNHAS angkatan 2011 : Ayyub Arrahman, SP; Meitry Tambingsila, SP; Achmad Syaifuddin, SP; dan Jati

Nurcholis, SP yang telah memberikan semangat belajar dan kerjasama kekeluargaan.

4. Akhirnya tesis ini penulis persembahkan kepada segenap keluarga, terutama orangtuaku tercinta ayahanda Dr. Ir. Jermia Limbongan, MS dan ibunda Debora Palamba yang selalu membimbing, memberi arahan, bahkan memberikan segala-segalanya buat ananda mulai dari proses perkuliahan hingga rampungnya tesis ini; Dr. Ir. Yusuf Limbongan, MP selaku sanak keluarga yang selalu membimbing dalam penulisan tesis ini.
5. Suami tercinta Yani Pangarungan, ST dan ananda terkasih Zhivana M. Pangarungan, yang selalu memberi dukungan, inspirasi dan keceriaan.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini jauh dari sempurna karena adanya kendala kesibukan dan kemampuan penulis, karenanya dengan rendah hati dan lapang dada penulis sangat terbuka untuk menerima kritik dan saran yang bersifat membangun, guna perbaikan serta kesempurnaan tesis ini.

Makassar, 20 Agustus 2013

Amelia A. Limbongan

ABSTRAK

AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN. *Pemanfaatan Ekstrak Tumbuhan untuk Pengendalian Penyakit Busuk Buah Kakao (*Phytophthora palmivora* Butler)* (dibimbing oleh **SYLVIA SJAM** dan **ADE ROSMANA**).

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan teknologi pengendalian penyakit busuk buah kakao (*P. palmivora*) pada tanaman kakao dengan memanfaatkan (1) ekstrak tumbuhan sebagai biopestisida dengan formulasi cair (ekstrak) dan bubuk (ekstrak kasar/*crude extract*) yang diharapkan dapat menghambat perkembangan busuk buah pada kakao dan (2) pembuatan formulasi ekstrak yang mengandung cendawan antagonis yang diperoleh dari isolasi cendawan dari ekstrak tumbuhan.

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium bahan alami tanaman dan pestisida, jurusan ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin dan di Desa Patalassang Kecamatan Tompobulu, Kabupaten Bantaeng. Tahapan penelitian dimulai dengan mengisolasi cendawan dari ekstrak tumbuhan, uji laboratorium, dan uji lapangan. Parameter yang diamati dalam uji laboratorium adalah luas bercak *P. palmivora* pada buah kakao, sedangkan parameter yang diamati dalam uji lapangan adalah perkembangan bercak dan intensitas serangan *P. palmivora*.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa untuk uji laboratorium, perlakuan ekstrak daun *Ageratum conyzoides* dan ekstrak buah *Crecentia cujete* memiliki daya hambat optimal terhadap *P. palmivora*. Pada uji lapangan, perlakuan ekstrak kasar daun *A. conyzoides*, ekstrak daun *A. conyzoides*, dan ekstrak buah *C. cujete* memiliki daya hambat paling tinggi terhadap perkembangan bercak dan intensitas serangan *P. palmivora* pada buah kakao. Perlakuan tingkat konsentrasi ekstrak tidak memberikan pengaruh nyata terhadap perkembangan bercak dan intensitas serangan *P. palmivora*.

Kata kunci: Ekstrak Tanaman, *Phytophthora palmivora*, daya hambat, luas bercak, perkembangan bercak, intensitas serangan.

ABSTRACT

AMELIA AGUSTINA LIMBONGAN. *Utilization of Plant Extracts for Controlling Black Pod on Cacao (*Phytophthora palmivora* Butler)* (supervised by **SYLVIA SJAM** and **ADE ROSMANA**).

The research aimed to produce a technology in controlling black pod on cacao (*P. palmivora*) with the utilization of (1) plant extracts as biopesticide with liquid formulation (extract) and powder formulation (crude extract), which can obstruct the black pod expansion and (2) to formulate extract which contained antagonistic fungus isolated from the plant extracts.

The research was conducted in the laboratory of Natural Plant Extracts and Pesticide, concentration in Pest and Plant Disease, Agriculture Faculty, Hasanuddin University and at Patalassang Village, Tompobulu District, Bantaeng Regency. The research started with fungus isolation from the plant extracts, laboratory test, and field test. The observed parameter in laboratory test is the black spot extensivication of *P. palmivora*, and the observed parameters in field test are *P. palmivora* black spot development and the infestation intensity of *P. palmivora*.

The research result indicates that in the laboratory test, leaf extract of *Ageratum conyzoides* and fruit extract of *Crecentia cujete* has the optimum inhibit capacity of *P. palmivora*. On the field test, crude extract of the leaf *A. conyzoides*, leaf extract of *A. conyzoides*, and the fruit extract of *C. cujete* have the optimum capacity to inhibit black spot development and the infestation intensity of *P. palmivora*.

Key-words: Plant extract, *Phytophthora palmivora*, crude extract, optimum inhibit capacity, black spot extensivication, black spot development, infestation intensity.

DAFTAR ISI

	halaman
PRAKATA	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
 BAB I PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Hipotesis	7
D. Tujuan dan Kegunaan Penelitian	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
A. Pengendalian Hama dan Penyakit Menggunakan Pestisida	8
B. Tumbuhan Sebagai Biopestisida	8
C. Bioekologi dan Kandungan Senyawa Bioaktif Tumbuhan Sebagai Pestisida	10
D. <i>Phytophthora palmivora</i> pada Kakao	22
E. Kerangka Konseptual	24
 BAB III METODE PENELITIAN	

A. Ekstraksi Tanaman	25
B. Isolasi Cendawan	28
C. Uji Laboratorium	29
D. Uji Lapangan	31
E. Pengamatan dan Analisis Data	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	
A. Isolasi Cendawan	35
B. Uji Laboratorium	36
C. Uji Lapangan	42
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	
A. Kesimpulan	53
B. Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	55
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

Nomor		halaman
1	Senyawa fitokimia pada daun, batang, akar, dan bunga <i>A. conyzoides</i>	12
2	Senyawa fitokimia yang terkandung dalam ekstrak kasar dan ekstrak fermentasi <i>C. odorata</i>	19
3	Senyawa fitokimia yang terkandung dalam buah <i>C. cujete</i>	21
4	Komposisi buah <i>C. cujete</i>	22
5	Skala kerusakan buah kakao yang terserang <i>P. palmivora</i>	34
6	Rata-rata luas bercak <i>P. palmivora</i> yang diberi perlakuan ekstrak tumbuhan dan isolat cendawannya	37
7	Rata-rata daya hambat jenis biopestisida terhadap perkembangan bercak <i>P. palmivora</i> dengan uji lanjut t	46
8	Rata-rata daya hambat konsentrasi biopestisida terhadap perkembangan bercak <i>P. palmivora</i> dengan uji lanjut t	46
9	Rata-rata daya hambat jenis biopestisida terhadap intensitas serangan <i>P. palmivora</i> dengan uji lanjut t	50
10	Rata-rata daya hambat konsentrasi biopestisida terhadap intensitas serangan <i>P. palmivora</i> dengan uji lanjut t	50

DAFTAR GAMBAR

Nomor		halaman
1	<i>Ageratum conyzoides</i>	10
2	<i>Chromolaena odorata</i>	16
3	<i>Crecentia cujete</i>	17
4	Ekstrak <i>C. odorata</i> , ekstrak <i>A. conyzoides</i> , dan ekstrak <i>C. cujete</i>	25
5	Proses ekstraksi tanaman	26
6	Proses pembuatan ekstrak murni berbentuk bubuk	27
7	Pengenceran ekstrak	28
8	Uji laboratorium	30
9	Isolat cendawan tanpa spora diisolasi dari ekstrak <i>C. odorata</i> dan <i>C. cujete</i>	36
10	Isolat cendawan berspora yang diisolasi dari ekstrak <i>C. odorata</i> dan <i>C. cujete</i>	36
11	Perbandingan luas bercak <i>Phytophthora palmivora</i> 5 HSI	38
12	Grafik daya hambat ekstrak tumbuhan dan lima isolat cendawannya terhadap perkembangan <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	41
13	Perbandingan buah kakao yang diaplikasikan ekstrak kasar daun <i>A. conyzoides</i> dengan buah kakao yang tidak diaplikasikan biopestisida	44

14	Daya hambat tiga jenis biopestisida dengan empat variasi konsentrasi terhadap perkembangan bercak <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	47
15	Daya hambat tiga jenis biopestisida dengan empat variasi konsentrasi terhadap intensitas serangan <i>P. palmivora</i> pada buah kakao	51

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara penanam kakao terluas dan penghasil nomor tiga di dunia. Sulawesi dengan produksi lebih dari 60% dari total produksi nasional di Indonesia, memberikan kontribusi terbesar dibandingkan daerah lainnya di Indonesia (Anonim, 2010). Produktivitas kakao di Indonesia mencapai antara 1300 – 1500 kg biji kering per hektar, tetapi produktivitas ini mengalami penurunan jumlah dan mutu produksi. Rata-rata produktivitas saat ini hanya mencapai antara 660 kg/ha sedangkan Pantai Gading sebagai penghasil kakao terbesar di dunia produktivitasnya sudah mencapai 1,5 ton/ha (Saragih, 2011).

Hama dan penyakit berperan penting dalam penurunan produktivitas karena kerusakannya dapat mencapai 60 % pada lahan kakao seluas 280.000 hektar yang ada di Sulawesi Selatan dengan produktivitas rata-rata tahun 2010 yang mencapai 798 kg/ha. Pada tahun 2011, produktivitas rata-rata tersebut menurun menjadi 500kg/ha (Anonim, 2012). Penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *Phytophthora pamivora* Butl. memiliki andil yang besar dalam penurunan produktivitas kakao Indonesia, sehingga diperlukan perhatian yang khusus agar stabilitas produksi kakao nasional tetap terjaga.

Phytophthora palmivora dapat menyebabkan kerugian yang cukup berarti terutama pada daerah beriklim tropis dan sedang. Penyakit ini tidak hanya menyerang buah, namun dapat juga menyerang bunga, bantalan bunga, batang, ranting muda, dan daun muda sehingga sangat mempengaruhi produksi dan kualitas buah kakao (Gregory, 1974). Sulawesi sebagai daerah sentra produksi kakao di Indonesia mengalami kendala penurunan hasil sebesar 25 – 50 % akibat serangan *Phytophthora palmivora* (Siswanto dan Karmawati, 2011).

Tingginya serangan penyakit busuk buah membutuhkan pengendalian yang tepat sasaran. Pengendalian penyakit busuk buah yang banyak dilakukan petani adalah dengan menggunakan pestisida sintetik. Penggunaan pestisida sintetik ini lebih cenderung merugikan karena mengganggu keseimbangan alam. Untuk jangka waktu yang panjang, penggunaan pestisida sintetik dapat menimbulkan resistensi, resurgensi, matinya musuh alami, bahkan menyebabkan pencemaran lingkungan dan terganggunya kesehatan manusia (Oka, 1995; Widaningsih, 2001).

Upaya pengendalian hama/penyakit tanaman budidaya selayaknya mampu memberikan jaminan keamanan terhadap kesehatan manusia dan kelangsungan hidup organisme tanah yang berguna (Sodiq, 2000). Oleh sebab itu, penelitian untuk menghindari akumulasi residu pestisida sintetik menjadi suatu hal yang sangat penting untuk dilakukan.

Pengendalian OPT pada kakao yang ramah lingkungan merupakan alternatif yang layak dipertimbangkan. Alternatif pengendalian ini dapat dilakukan dengan menggunakan ekstrak tumbuhan. Penggunaan ekstrak tumbuhan dapat mengurangi kerusakan/kehilangan hasil akibat serangan hama/penyakit dan tidak mempunyai efek negatif terhadap manusia (Kardinan, 2011). Penggunaan ekstrak tumbuhan dapat mengendalikan serangga hama dan penyakit melalui perpaduan berbagai cara atau secara tunggal. Cara kerja yang sangat spesifik yaitu: merusak telur, larva, dan pupa. Kemudian sebagai penolak makan (anti feedant), mengurangi nafsu makan, menghambat reproduksi serangga betina, menghambat pergantian kulit, dan menghambat perkembangan patogen penyakit (Rachmawati dan Korlina, 2009).

Tumbuhan sumber bahan insektisida banyak tersedia di Indonesia dengan berbagai macam kandungan kimia yang bisa saja bersifat toksik bagi OPT. Lebih dari seribu jenis tumbuhan berpotensi sebagai pengendali hama tanaman. Tumbuhan yang bermanfaat sebagai obat dan tumbuhan yang mengandung minyak atsiri dapat digunakan sebagai pestisida nabati. Umumnya tanaman ini termasuk ke dalam famili Meliaceae, Annonaceae, Asteraceae, Piperaceae, dan Rutaceae (Prakash and Rao, 1997; Priyono *et al.*, 2006). Beberapa jenis tumbuhan yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati dan banyak terdapat di Indonesia adalah *Ageratum conyzoides* Linn. (Asteraceae) atau Babadotan,

Chromolaena odorata (Linn.) King & Robins (Asteraceae) atau gulma Siam, dan *Crecentia cujete* Linn. (Bignoniaceae) atau Berenuk.

Ageratum conyzoides (babadotan) memiliki zat bioaktif seperti alkaloid, coumarin, flavonoid, chromene, benzofuran, sterol, dan terpenoid yang memiliki potensi sebagai insektisida (Kamboj and Saluja, 2008). Penelitian yang dilakukan oleh Raja *et al.* (1987) menunjukkan bahwa ekstrak metanolik daun segar *A. conyzoides* (250 dan 500 ppm) memperlihatkan penurunan hormon juvenil instar ke-4 hama sorgum *Chilo partellus* Swinh. (Lepidoptera: Pyralidae). Tanaman ini juga berpotensi mengendalikan larva *Spodoptera litura* (Balfas dan Willis, 2009). Pada tahun 2012, Javed and Bashir mengekstrak *A. conyzoides* dengan n-heksane, akuades, dan metanol. Hasilnya, ekstrak n-heksane daun dan bunga *A. conyzoides* ternyata menghambat pertumbuhan *Fusarium solani* Mart. (Sacc.), hingga 84% dan ekstrak metanolik daun *A. conyzoides* dapat menekan pertumbuhan *F. solani* hingga 78%. Penelitian mengenai aktivitas anticendawan *A. conyzoides* sebelumnya juga dilakukan oleh Bajwa *et al.* (2007). *A. conyzoides* digunakan sebagai anticendawan *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., penyebab penyakit pada bunga matahari. Ekstrak akuades batang dan akar *A. conyzoides* 4% paling

Ekstrak tumbuhan *C. odorata* (gulma siam) mengandung senyawa steroid, alkaloid, flavonoid, tannin, lactone, diterpene, dan saponin (Prasad, *et al.*, 2005). Ekstrak tumbuhan ini telah diidentifikasi memiliki potensi sebagai penolak serangga dalam meletakkan telurnya (Cui *et al.*,

2009). Penelitian yang dilakukan oleh Ilondu (2011) menunjukkan adanya potensi *C. odorata* menghambat perkembangan cendawan patogenik penyebab busuk pada buah pepaya (*Carica papaya* L.).

Crescentia cujete (Berenuk) merupakan tumbuhan yang umumnya ditanam sebagai tanaman pekarangan. Ekstrak buahnya efektif digunakan sebagai penurun panas dan pengobatan penyakit saluran pernafasan, seperti bronchitis, asma, dan batuk akibat flu. Penelitian yang dilakukan Ejelonu *et. al.* (2011) menguraikan kandungan lemak, protein, nitrogen, serat kasar, kandungan uap, sukrosa, fruktosa, galaktosa dan energi pada buah berturut-turut adalah: 1,13; 8,35; 1,34; 4,28; 84,92; 59,86; 25,09; 18,24; dan 88,69 %. Kandungan mineral sodium dan fosfor yang sangat tinggi. Senyawa fitokimia seperti saponin, flavonoid, cardenolide, tannin, dan fenol juga ditemukan pada sampel buah. Hasil uji laboratorium menunjukkan penggunaan ekstrak buah *C. cujete* dapat menyebabkan kurangnya telur PBK yang diletakkan dan menurunkan persentase jumlah telur yang menetas (Temmarola dan Sjam, 2004).

B. Rumusan Masalah

Busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora* merupakan penyakit yang terpenting dalam budidaya kakao di Indonesia, bahkan di berbagai negara penghasil kakao dunia (Semangun, 2000; MacMahon & Purwantara, 2004). Penyakit ini dapat mengakibatkan penurunan produksi dunia yang berkisar antara 20-30% setiap tahunnya (Guest,

2007). Gejala awalnya yaitu munculnya bercak berwarna coklat atau hitam pada buah kakao yang tumbuh dan menyebar dengan cepat menutupi permukaan kulit buah. Sporangia dapat terbentuk pada permukaan buah, dan pada akhirnya buah mengerut, keras, dan berubah warna menjadi hitam. Penyakit busuk buah sangat merugikan utamanya pada musim penghujan pada daerah dengan tingkat kelembaban yang tinggi (Purwantara *et al.*, 2004).

Penggunaan fungisida sintetis yang berbahan dasar tembaga banyak digunakan untuk mengatasi penyakit busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora*. Fungisida sintetis tersebut ternyata belum mampu menekan perkembangan hama, melainkan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Aplikasi fungisida dengan konsentrasi tinggi akan memicu terjadinya percepatan timbulnya resistensi serangga, resurgensi, matinya musuh alami seperti parasitoid dan predator. Alternatif pengendalian ramah lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan ekstrak tumbuhan. Penggunaan ekstrak tumbuhan dapat mengurangi kerusakan/kehilangan hasil akibat serangan hama/penyakit dan tidak mempunyai efek negatif terhadap manusia (Kardinan, 2011). Teknologi penggunaan ekstrak tumbuhan untuk pengendalian busuk buah kakao dengan memanfaatkan metabolit sekunder dan mikroba dari bahan alami bioaktif tanaman belum banyak dilakukan untuk pengendalian penyakit pada tanaman kakao, terutama *P. palmivora*.

Penelitian ini difokuskan untuk mengetahui efektivitas pemanfaatan fermentasi ekstrak tumbuhan untuk pengendalian penyakit busuk buah (Jakoni, 2009). Penelitian ini juga akan melihat peran cendawan yang ikut serta pada proses fermentasi daun masing-masing tumbuhan terhadap serangan *P. palmivora* (Nurjanani, 2010).

C. Hipotesis

Pemanfaatan ekstrak tumbuhan efektif dalam pengendalian penyakit busuk buah kakao.

Terdapat satu atau lebih ekstrak tumbuhan dan isolat cendawan dari ekstrak tumbuhan tersebut yang dapat dimanfaatkan untuk menekan serangan *P. palmivora*.

D. Tujuan dan Kegunaan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan teknologi pengendalian penyakit busuk buah (*P. palmivora*) pada tanaman kakao dengan memanfaatkan ekstrak tumbuhan sebagai biopestisida dengan formulasi cair (ekstrak) dan bubuk (ekstrak kasar/*crude extract*) yang diharapkan dapat menghambat perkembangan busuk buah pada kakao. Selain pembuatan formulasi ekstrak dan ekstrak kasar, juga akan dilakukan pembuatan formulasi biofungisida yang mengandung cendawan antagonis yang diperoleh dari isolasi cendawan dari ekstrak tanaman untuk dimanfaatkan mengendalikan busuk buah pada kakao.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengendalian Hama dan Penyakit Menggunakan Pestisida

Pengendalian hama dan penyakit terfokus pada penggunaan fungisida, utamanya fungisida sintetik yang merupakan cara pengendalian yang paling banyak dipilih petani. Fungisida sintetik tersebut ternyata belum mampu menekan perkembangan hama, melainkan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan. Aplikasi fungisida dengan konsentrasi tinggi akan memicu terjadinya percepatan timbulnya resistensi serangga, resurgensi, matinya musuh alami seperti parasitoid dan predator. Fungisida yang mengandung tembaga umumnya efisiensi biologisnya terbatas hanya tiga minggu pada konsentrasi normal, sehingga harus dinaikkan konsentrasinya untuk mencapai efisiensi biologis lebih dari tiga minggu (Pereira, 1992) Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian lainnya yang bersifat ramah lingkungan. Penggunaan pestisida sintetik yang merupakan alternatif terakhir dalam konsep Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dapat digantikan atau dikombinasikan dengan penggunaan ekstrak tumbuhan.

B. Tumbuhan Sebagai Biopestisida

Tumbuhan mengandung senyawa-senyawa kimia yang sangat berperan dalam interaksi tanaman dengan serangga. Senyawa kimia yang

merupakan metabolit sekunder itu sangat berpengaruh terhadap tingkah laku serangga, seperti pada masa kawin, sebagai stimulan untuk meletakkan telur, atau membantu proses pencarian makanan (Hagstrum, 1996). Metabolit sekunder pada tumbuhan tersebut dapat bersifat menarik serangga (*attractant*), atau untuk mempertahankan diri yang bersifat menolak serangga (*repellent*), atau yang bersifat toksik, menghambat aktivitas makan, maupun menghambat pertumbuhan dan perkembangan hama (Sjam, 2003). Teknologi pengelolaan OPT yang ramah lingkungan dapat diperoleh dengan memanipulasi senyawa-senyawa yang dihasilkan oleh tumbuhan. Teknologi tersebut diharapkan dapat menurunkan populasi hama, misalnya dengan mengaplikasikan senyawa yang tidak disukai hama tersebut pada suatu lahan pertanian atau memanipulasi kerja hormon serangga hama untuk menghambat proses perkembangannya. Pemanfaatan ekstrak tumbuhan ini merupakan salah satu alternatif yang sifatnya aman dan ramah lingkungan.

Tumbuhan sumber bahan insektisida banyak tersedia di Indonesia dengan berbagai macam kandungan kimia yang bersifat racun (Soehardjan, 1994). Lebih dari seribu jenis tumbuhan berpotensi sebagai pengendali hama tanaman. Tanaman biofarmaka dan atsiri merupakan tanaman yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati. Umumnya termasuk ke dalam famili Meliaceae, Annonaceae, Asteraceae, Piperaceae, dan Rutaceae (Prakash and Rao, 1997; Priyono *et al.*, 2006). Beberapa jenis tumbuhan yang dapat digunakan sebagai pestisida nabati

dan banyak terdapat di Indonesia adalah *Ageratum conyzoides* Linn. (Asteraceae) atau Babadotan, *Chromolaena odorata* (Linn.) King & Robins (Asteraceae) atau gulma Siam, dan *Crecentia cujete* Linn. (Bignoniaceae) atau Majapahit.

C. Bioekologi dan Kandungan Senyawa Bioaktif Tumbuhan Sebagai Pestisida

Ageratum conyzoides (babadotan, rumput kambing) tergolong dalam famili Asteraceae. Penamaannya berasal dari istilah Yunani “a geras”, yang artinya tidak menua karena umur panjang bunga tanaman



Gambar 1. *Ageratum conyzoides*

tersebut. Penamaan “*conyzoides*” diambil dari “*konyz*”, istilah Yunani dari *Inula helenium* yang morfologinya mirip dengan *A. conyzoides* (Gambar 1) (Kissmann and Groth, 1993 in Ming, 1999).

Tanaman *A. conyzoides* berasal

dari Amerika Tengah dan Karibia, tetapi saat ini dapat ditemukan pada beberapa negara beriklim tropis dan sub-tropis (Baker, 1965).

A. conyzoides berbau keras seperti kambing, tumbuh tegak atau berbaring, tumbuhan herba tahunan, dengan tinggi 30 sampai dengan 80 cm, berakar pada batang yang menyentuh tanah; batang ditumbuhi rambut-rambut halus berwarna putih, daun-daunnya saling berhadapan,

helaian daun berbentuk bulat telur hingga belah ketupat, ujung daun tumpul atau meruncing dengan tepi yang bergerigi (Wuryanti, 2012), pubescent dengan petiole panjang dan memiliki trikoma glandular. Bunganya mengelompok, menyerbuk sendiri, berwarna putih sampai keunguan (Kaul and Neelangini, 1989), perkembangbiakan dengan biji. *A. conyzoides* tumbuh di tempat terbuka atau tegak terlindung hingga 2.100 m di atas permukaan laut (Alimin, 2012). (Penelitian yang dilakukan oleh Raja *et al.* (1987) menunjukkan bahwa ekstrak metanolik daun segar *A. conyzoides* (250 dan 500 ppm) memperlihatkan penurunan hormon juvenil instar ke-4 hama sorgum *Chilo partellus* Swinh. (Lepidoptera: Pyralidae). Selain memiliki senyawa bioaktif seperti alkaloid (pyrrolizidinic alkaloids), coumarin (1-2 benzopirone, 1,2-desifropirrolizidinic, licopsamine), flavonoid (hexamethoxyflavone; ageconyflavones A, B, dan C), chromene (precocene I atau 7-methoxy-2,2-dimethylchromene, precocene II atau ageratochromene) benzofuran (2-5,6-dimethoxybenzofuran), sterol (β -sitosterol dan stigmasterol), dan terpenoid (Tabel 1) yang memiliki potensi sebagai insektisida (Kamboj and Saluja, 2008), daun *A. conyzoides* juga mengandung senyawa aktif precocene I dan precocene II yang dikenal sebagai senyawa anti hormon juvenil (Ditjenbun, 1994). Tanaman ini juga berpotensi mengendalikan larva *Spodoptera litura* (Balfas dan Willis, 2009).

Tabel 1. Senyawa fitokimia pada daun, batang, akar, dan bunga *A. conyzoides* (Amadi et. al., 2012).

Senyawa	Daun	Batang	Akar	Bunga	Sifat dan Fungsi
Fitokimia					
Alkaloid	+++	+	+	++	Pahit rasanya, sebagai analgesik, dan antipasmodik.
Flavonoid	+++	++	+	++	Antibakteri, antialergi, antivirus, membantu penyerbukan, membantu simbiosis rhizobium dengan tanaman kacang-kacangan.
Tannin	+++	++	+	++	Melindungi dari hama dan pestisida, berperan dalam proses pemasakan buah.
Saponin	++	+	+	+	Pahit rasanya, bahan campuran sabun, <i>anti-feedant</i> , melindungi tanaman dari mikroba dan cendawan.
HCN	+	+	+	+	Asam organik yang bersifat volatil, tidak berwarna, tidak stabil, dan beracun.
Glikosida	+	+	+	+	Ikatan yang digunakan tumbuhan untuk menyimpan senyawa kimia berguna di dalam tubuhnya.
Steroid	+	+	-	+	Digunakan untuk parfum karena baunya yang lembut. Rasanya pahit apabila terakumulasi dalam konsentrasi tinggi.
Coumarin	+	+	-	+	Bahan baku produk aromatik.
Terpenoid	+	+	-	+	Bahan baku pernis, perekat, dan produk aromatik.
Resin	+	+	+	-	Eksudat, transparan, digunakan sebagai pernis dan perekat
Cardenolida	+	+	+	+	Mekanisme pertahanan tumbuhan, beracun bagi predator.
Makronutrien					
Protein	+	+	+	+	Pengganti organ tubuh yang rusak.
Karbohidrat	+	+	+	+	Cadangan energi.
Fruktosa	++	++	++	++	Cadangan energi.
Glukosa	++	++	++	++	Cadangan energi.
Ribosa	++	++	++	++	RNA.
Galaktosa	+	+	+	+	Cadangan energi.
Lemak dan minyak	+	+	+	+	Cadangan energi.

+++ = terdapat pada konsentrasi tinggi

++ = terdapat pada konsentrasi sedang

+ = terdapat pada konsentrasi rendah

- = tidak ada

HCN = asam cyanic

Tabel 1. Senyawa fitokimia pada daun, batang, akar, dan bunga *A. conyzoides* (Amadi et. al., 2012) (lanjutan).

Senyawa	Daun	Batang	Akar	Bunga	Sifat dan Fungsi
Asam amino					Unsur utama dalam sintesis protein
Cystin	+++	+	+	++	Semi-esensial. Berpartisipasi dalam reaksi enzimatik.
Leusin	+++	+	+	++	Esensial. Menstimulasi sintesis protein otot.
Histidin	+++	+	+	+	Esensial.
Arginin	++	+	+	+	Non-esensial
Prolin	++	+	+	+	Non-esensial
Alanin	+	+	+	+	Non-esensial
Lysin	+	+	+	+	Esensial
Methionin	+	+	+	+	Esensial
Fenilalanin	+++	+	+	+	Esensial
Threonin	+	+	+	+	Esensial
Glycin	++	+	+	+	Non-esensial

+++ = terdapat pada konsentrasi tinggi
 ++ = terdapat pada konsentrasi sedang
 + = terdapat pada konsentrasi rendah

Berdasarkan hasil review Okunade (2002), alkaloid yang terkandung dalam *A. conyzoides* adalah lycopsamine dan echinatine yang merupakan dua isomerik pyrroizidine alkaloids (PAs). Senyawa ini bersifat racun dan merupakan metabolit sekunder yang digunakan sebagai pertahanan terhadap serangga herbivora. Flavonoid yang terkandung dalam *A. conyzoides* merupakan flavonoid polioksigen, seperti 14 polymethoxylated flavones, 5,6,8,3',4',5'-hexamethoxyflavone, dan eupalestin.

Banyak metabolit sekunder yang tidak hanya beracun bagi serangga, tetapi juga beracun bagi tumbuhan itu sendiri. Karena itu umumnya metabolit sekunder disimpan terpisah dari sitoplasma atau disimpan dalam bentuk yang inaktif. Flavonoid glikosida merupakan senyawa kimia mayoritas pada permukaan daun. Sumber terbesar alkaloid adalah dari tanaman berbunga Angiospermae. Rasanya yang pahit merupakan faktor utama yang membuat alkaloid menjadi *feeding deterrent*. Alkaloid quinolizidine (QAs) dapat menghambat virus, bakteri tanaman, dan cendawan parasitik; memiliki efek deteren terhadap serangga seperti aphids, ngengat serta larva kupu-kupu; dan bersifat alelopatik (misalnya menghambat germinasi benih) (Alotaiba and Elsayed, 2007). Terpenoid indole alkaloids (TIAs) terdiri dari 3000 senyawa termasuk senyawa yang digunakan sebagai antimalaria, racun tikus, dan pertahanan tumbuhan terhadap hama dan penyakit. (Luijendijk, 1998 *in*

Facchini, 2001). Akumulasi produksi alkaloid sebagai metabolit sekunder tanaman umumnya ditimbulkan oleh cendawan, ion logam berat, radiasi UV, dan tekanan osmotik (Yamada, 1992 *in* Facchini, 2001). Perlakuan *C. roseus* yang dikulturkan dengan cendawan elisitor meningkatkan akumulasi tryptamine dan alkaloid. Cendawan elisitor tersebut menginduksi biosintesis asam jasmonik pada kultur *C. roseus*. Fungsi asam jasmonik adalah sebagai pembawa pesan dalam aktivasi metabolisme sekunder dan mekanisme pertahanan tanaman lainnya (Menke *et. al.*, 1999 *in* Facchini, 2001).

Pada tahun 2012, Javed and Bashir mengekstrak *A. conyzoides* dengan n-heksane, akuades, dan metanol. Hasilnya, ekstrak n-heksane daun dan bunga *A. conyzoides* menghambat pertumbuhan *Fusarium solani* Mart. (Sacc.), hingga 84% dan ekstrak metanolik daun *A. conyzoides* dapat menekan pertumbuhan *F. solani* hingga 78%. Penelitian mengenai aktivitas anticendawan *A. conyzoides* sebelumnya juga dilakukan oleh Bajwa *et. al.* (2007). *A. conyzoides* digunakan sebagai anticendawan *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., penyebab penyakit pada bunga matahari. Ekstrak akuades batang dan akar *A. conyzoides* 4% paling efektif menekan biomassa *M. phaseolina*.



Chromolaena odorata (gulma
siam) adalah spesies tumbuhan yang
tergolong ke dalam famili Asteraceae
(Gambar 2). Tanaman ini berasal dari

Gambar 3. *Chromolaena odorata*

daerah Amerika Utara dan umumnya dimanfaatkan sebagai obat atau tanaman pagar (Chakraborty *et. al.*, 2011). Tumbuhan ini merupakan tumbuhan herba menahun, yang membentuk semak dengan tinggi 1,5-2,0 m. Batang tua berwarna coklat dan berkayu, sedangkan batang muda berwarna hijau dan sukulen. Sistem perakarannya serabut dan hanya berada hingga kedalaman tanah 20-30 cm. Bunganya berwarna putih, daun-daunnya saling berseberangan, tepi daun bergerigi. Tanaman ini dapat tumbuh di hutan-hutan dengan curah hujan 1500 mm, maupun di padang rumput dengan curah hujan di bawah 500 mm (Goodall and Erasmus, 1996). Kelembaban optimalnya adalah 60-70%, dan tidak menyenangi adanya tanaman naungan. Pembungaan dan pembuahan mulai setelah tumbuhan berumur 1 tahun. Penyerbukannya dibantu oleh serangga. Buahnya matang pada umur sekitar 1 bulan.

Ekstrak tumbuhan *C. odorata* mengandung senyawa steroid, alkaloid, flavonoid, tannin, lactone, diterpene, dan saponin (Prasad, *et al.*, 2005). Afolabi *et. al.* (2007) menguraikan senyawa fitokimia tersebut dari ekstrak kasar dan ekstrak *C. odorata* (Tabel 2). Ekstrak tumbuhan ini telah diidentifikasi memiliki potensi sebagai penolak serangga dalam



Gambar 3. *Crescentia cujete* (Coleoptera, Curculionidae) (Bouda et. al., 2001).

meletakkan telurnya (Cui et al., 2009). Minyak esensial yang diekstraksi dari daun *C. odorata* ($LD_{50}=6,78\%$) dapat meningkatkan mortalitas *Sitophilus zeamais*

Crescentia cujete (Majapahit) (Gambar 3) merupakan tanaman yang tergolong pada famili Bignoniaceae. Tanaman ini dapat tumbuh mencapai ketinggian 20 hingga 30 kaki. Bunganya berwarna kuning/hijau, berbentuk cangkir, dan muncul langsung dari dahan pohonnya. Buah Majapahit berbentuk bulat, besar dengan diameter 5 hingga 12 inci, kulitnya licin dan keras. Buah tersebut juga beracun.

Tanaman ini umumnya ditanam sebagai tanaman pekarangan. Ekstrak buahnya efektif digunakan sebagai penurun panas dan pengobatan penyakit saluran pernafasan, seperti bronchitis, asma, dan batuk akibat flu. Buah yang matang dan sudah bersih serta kering digunakan sebagai tempat penyimpanan, kerajinan tangan, dan bahan pembuatan alat musik (Anonim, 2005).

Penelitian yang dilakukan Ejelonu et. al. (2011) menguraikan kandungan lemak, protein, nitrogen, serat kasar, kandungan uap, sukrosa, fruktosa, galaktosa dan energi pada buah (Tabel 3). Kandungan mineral sodium dan fosfor yang sangat tinggi (Tabel 4). Senyawa fitokimia seperti saponin, flavonoid, cardenolida, tannin, dan fenol juga ditemukan pada

sampel buah (Tabel 5). Hasil uji laboratorium menunjukkan penggunaan ekstrak buah maja dapat menyebabkan kurangnya telur PBK yang diletakkan dan menurunkan persentase jumlah telur yang menetas (Temmarola dan Sjam, 2004). Senyawa bioaktif tanaman yang mempunyai efek sebagai ovicidal mempunyai prospek untuk mengendalikan PBK karena telur PBK terdapat pada permukaan buah.

Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan bahwa senyawa bioaktif tanaman dapat menyebabkan mortalitas telur PBK sampai dengan 90 % pada konsentrasi tertentu (Kadir, 2005). Senyawa bioaktif tanaman selain dapat bersifat sebagai insektisida ovicidal, juga dapat bersifat sebagai biofungisida. Hal ini disebabkan oleh senyawa bioaktif tanaman selain mengandung metabolik sekunder juga mengandung mikroba endofit yang bersifat antagonis. Bagian tumbuhan tertentu diekstrak, ternyata mengandung beberapa mikroba yang bisa saja bersifat entomopatogen dan antagonis terhadap penyakit tanaman. Mikroba tersebut tumbuh pada permukaan ekstrak (Putra, 2009). Banyak mikroba endofitik yang berada dalam jaringan tanaman dan sangat potensial digunakan sebagai agens hayati (Mahesh *et al.*, 2005).

Tabel 2. Senyawa fitokimia yang terkandung dalam ekstrak kasar dan ekstrak fermentasi *C. odorata*.

Senyawa Fitokimia	Ekstrak kasar	Ekstrak	Sifat dan Fungsi
Alkaloid	ada	tidak ada	Analgesik, antipasmodik, agen bakterisidal.
Saponin	tidak ada	ada	Pahit rasanya, bahan campuran sabun, <i>anti-feedant</i> , melindungi tanaman dari mikroba dan cendawan.
Tannin	ada	ada	Melindungi dari hama dan pestisida, berperan dalam proses pemasakan buah.
Anthraquinon	tidak ada	ada	Penolak serangga (repellent).
Steroid	ada	ada	Mendukung proses metabolisme, respons biologis terhadap hama dan patogen, fungsi kekebalan, keseimbangan kandungan garam dan air, perkembangan karakteristik seksual, dan ketahanan terhadap penyakit dan pelukaan.
Terpenoid	ada	ada	Bahan baku produk aromatik.
Flavonoid	ada	ada	Antibakteri, antialergi, antivirus, antioksidan, membantu penyerbukan, membantu simbiosis rhizobium dengan tanaman kacang-kacangan.
Glikosida	ada	ada	Bentuk inaktif penyimpanan senyawa kimia tanaman.

Senyawa bioaktif tumbuhan dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Senyawa bioaktif tumbuhan merupakan bahan yang mudah terurai di alam, sehingga jika dimanfaatkan tidak akan menimbulkan residu yang besar. Hal ini juga dapat mencegah atau menekan peluang organisme yang bukan sasaran terkena residu. Persistensi senyawa bioaktif tanaman sebagai pestisida jangka waktunya singkat dengan kata lain kadang-kadang kurang menguntungkan dari segi ekonomi karena untuk mencapai keefektifan pengendalian yang maksimum pada tingkat populasi yang tinggi, diperlukan aplikasi pestisida nabati secara berulang-ulang. Namun demikian, pestisida nabati memungkinkan untuk digunakan saat menjelang panen apabila diperlukan (Thamrin *et. al.*, 2011). Senyawa aktif utama dan senyawa-senyawa lain yang kurang aktif di dalam ekstrak tanaman, yang keberadaannya dapat meningkatkan aktivitas ekstrak secara keseluruhan atau bersifat sinergis. Banyaknya senyawa yang terdapat pada tumbuhan menyebabkan serangga hama sasaran tidak mudah menjadi resisten jika dibandingkan dengan pestisida yang mengandung senyawa tunggal seperti pestisida sintetik (Temmarolla dan Sjam, 2004).

Tabel 3. Senyawa fitokimia yang terkandung dalam buah *C. cujete* (Ejelonu *et. al.*, 2011).

Senyawa fitokimia	Ada/tidak ada
Tannin dan fenol	Ada
Saponin	Ada
Alkaloid	Ada
Flavonoid	Ada
Anthraquinone	Ada
Cardenolida	Ada

Penelitian yang dilakukan oleh Firdausil dan Hendra (2011) menunjukkan adanya penurunan serangan *P. palmivora* sebesar 80% dan peningkatan hasil panen dari 1,8 ton per tahun menjadi 2,25 ton per tahun. Pada penelitian tersebut, pertanaman kakao diberi perlakuan kombinasi sanitasi area, konsistensi penggunaan fungisida alami, dan aplikasi pupuk organik dan pupuk cair.

Nuryani dan Djatnika (1999) melaporkan bahwa *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. mampu menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. pada bercak bunga sedap malam. Ini menunjukkan bahwa bahan bioaktif tanaman dapat diformulasikan sebagai biopestisida. Hanya sekitar 4,5 % biopestisida yang beredar di pasaran dari keseluruhan penjualan pestisida sintetik (Menn and Hall, 1998). Berdasarkan hal tersebut, maka formulasi ekstrak tumbuhan sebagai biopestisida sangat berpotensi untuk dikembangkan serta dimanfaatkan sebagai pengendali PBK dan *Phytophthora palmivora* yang bersifat ramah lingkungan.

Tabel 4. Komposisi buah *C. cujete* (Ejelonu et. al., 2011).

Parameter	Nilai
Kadar air (%)	84,92
Serat (%)	4,29
Protein (%)	8,38
Lemak (%)	1,13
Karbohidrat (%)	18,61
Gula	
Sukrosa (%)	59,86
Fruktosa (%)	25,09
Galaktosa (%)	18,24
Mineral	
Kalsium (%)	0,04
Magnesium (%)	0,01
Potassium (%)	0,02
Sodium (ppm)	59,77
Mangan (ppm)	21,74
Besi (ppm)	7,88
Seng (ppm)	3,97
Tembaga (ppm)	6,90
Fosfor (ppm)	53,01
Timah (ppm)	0,17
Kromium (ppm)	0,07
Nikel (ppm)	0,10
Kobalt (ppm)	0,03
Cadmium (ppm)	0,01
Selenium (ppm)	0,02
HCN (ppm)	0,11

HCN = asam sianik (*cyanic acid*)

D. *Phytophthora palmivora* pada Kakao

Busuk buah yang disebabkan oleh *P. palmivora* selalu muncul pada semua area pertanaman kakao di dunia. Penurunan produksi karena patogen *Phytophthora palmivora* bervariasi pada setiap negara dengan kisaran 20 – 80 %. Patogen ini juga mematikan hingga 10 % pohon kakao setiap tahunnya (Guest, 2007). Di Indonesia, kerugian akibat serangan *P. palmivora* berkisar antara 32,60 % - 52,99 %, dengan tingkat serangan

yang berbeda pada setiap daerah. Intensitas penyakit ini berkisar 25 – 50 % pada musim kemarau dan dapat mencapai 60 % pada musim hujan. Penurunan hasil akibat penyakit busuk buah dapat mencapai 45,5 % (Prawirosoemardjo dan Purwantara, 1992). *Phytohthora palmivora* yang menginfeksi buah merupakan elemen penting yang menyebabkan kerugian ekonomi langsung, utamanya pada negara-negara penghasil kakao dunia (Gregory, 1974).

Sumber inokulumnya adalah miselia, sporangia, zoospora, dan klamidospora yang berada di dalam tanah, buah kering yang sebelumnya sudah terinfeksi, kelopak bunga, daun, batang, bibit kakao, akar, serta kulit pohon kakao dan tanaman pelindung. Tanaman penutup tanah dapat mencegah spora mencapai tanah dan membantu mengacaukan siklus normal penyakit busuk buah tersebut.

Buah kakao yang terinfeksi membentuk bercak yang tembus cahaya sekitar 2 hari setelah infeksi awal. Bercak ini berkembang menjadi bidang kecil yang berwarna coklat, yang akhirnya menyebar ke seluruh permukaan buah dan berubah menjadi hitam. Sporulasi pada area buah yang terinfeksi, terlihat seperti buah yang berdebu berwarna putih atau kuning pada permukaan buah yang berwarna hitam. Biji kakao terinfeksi setelah ± 15 hari dan tidak dapat dipanen, kecuali langsung dipisahkan dari kulitnya saat berumur hampir masak. *P. palmivora* menyebar lebih cepat pada tingkat kelembaban tinggi (Willson, 1999).

E. Kerangka Konseptual

