

**PENGARUH KONDISI HABITAT PERKEBUNAN KAKAO  
DAN KELIMPAHAN SEMUT PREDATOR TERHADAP  
INTENSITAS SERANGAN PENGGEREK BUAH KAKAO  
(*Conopomorpha cramerella* (Snellen))**

Oleh  
**EMHA DWI RIFQI RAFID**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**  
**FAKULTAS PERTANIAN**  
**MALANG**  
**2020**

**PENGARUH KONDISI HABITAT PERKEBUNAN KAKAO  
DAN KELIMPAHAN SEMUT PREDATOR TERHADAP  
INTENSITAS SERANGAN PENGGEREK BUAH KAKAO  
(*Conopomorpha cramerella* (Snellen))**

**OLEH  
EMHA DWI RIFQI RAFID**

**165040201111068**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI  
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**



**SKRIPSI**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh  
Gelar Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
FAKULTAS PERTANIAN  
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN  
MALANG  
2020**



## PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Agustus 2020

Emha Dwi Rifqi Rafid



**LEMBAR PERSETUJUAN**

Judul : Pengaruh Kondisi Habitat Perkebunan Kakao dan Kelimpahan Semut Predator terhadap Intensitas Serangan Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* (Snellen))

Nama : Emha Dwi Rifqi Rafid

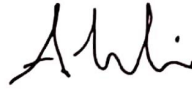
NIM : 165040201111068

Program Studi : Agroekoteknologi

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

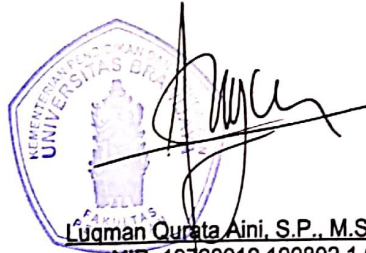
Disetujui

Pembimbing Utama,



Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.  
NIK. 201405 770415 1 001

Diketahui,  
Ketua Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan



Luqman Qurata Aini, S.P., M.Si., Ph.D.  
NIP. 19720919 199802 1 001

Tanggal persetujuan: 10 SEP 2020



LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I

Dr. Agr. Sc. Hagus Tarno, SP., MP.  
NIP. 19770810 200212 1 003

Penguji II

Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.  
NIK. 201405 770415 1 001

Penguji III

Dr. Ir. Mintarto Martosudiro, MS.  
NIP. 19590705 198601 1 003

Tanggal Lulus: 31 AUG 2020



## RINGKASAN

**Emha Dwi Rifqi Rafid. 165040201111068. Pengaruh Kondisi Habitat Perkebunan Kakao dan Kelimpahan Semut Predator terhadap Intensitas Serangan Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* (Snellen)). Dibawah bimbingan Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.**

Komoditas perkebunan penting dalam perekonomian di Indonesia adalah komoditas kakao (*Theobroma cacao* L.). Sejak tahun 1980 luas areal lahan kakao terus mengalami peningkatan. Luas areal pertanaman kakao di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 1,66 juta hektar. Akan tetapi peningkatan luas areal lahan kakao tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas kakao. Sejak tahun 2006 produktivitas kakao di Indonesia berfluktuatif dan cenderung menurun. Produktivitas kakao di Indonesia pada tahun 2014-2018 mengalami penurunan sebesar 19,65% yaitu 143,16 ribu ton dari 728,4 ribu ton. Penurunan produktivitas kakao disebabkan dari berbagai macam faktor diantaranya perubahan kondisi lahan, umur tanaman, serangan hama dan penyakit. Salah satu hama penting pada tanaman kakao adalah penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* (Snellen). Di Indonesia presentase serangan PBK dilaporkan dapat mencapai 90%. Pengendalian PBK yang dilakukan para petani dilapang yaitu menggunakan pengendalian secara konvensional dengan penggunaan pestisida kimia intensif sehingga menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan dan juga matinya musuh alami. Oleh karena itu diperlukan upaya untuk pengendalian PBK melalui pengelolaan agroekosistem kakao yang ramah lingkungan. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK.

Penelitian ini dilakukan pada bulan Januari–Maret 2020 pada 12 perkebunan kakao di lima kabupaten di Jawa Timur. Penentuan lokasi menggunakan metode *expert judgement sampling* dan *snowball sampling* dengan kriteria umur tanaman 3–10 tahun, jarak antar lokasi minimal 2 km, dan memiliki lebih dari 100 tanaman. Setiap lokasi ditentukan plot pengamatan berukuran 10 pohon x 10 pohon (berkisar 1200 m<sup>2</sup>) dengan letak tiap plot berjarak minimal 1 pohon dari tepi lahan. Di setiap plot, pengamatan gejala serangan PBK dilakukan setiap bulan selama tiga bulan dengan mengamati gejala serangan PBK pada buah. Pengamatan semut predator dilakukan dengan mengambil secara langsung pada 100 tanaman. Kondisi habitat yang digunakan sebagai faktor yaitu umur tanaman, kerapatan tutupan kanopi, vegetasi, suhu, dan kelembaban. Pengaruh perbedaan lokasi, umur tanaman, tutupan kanopi dengan intensitas serangan PBK dianalisis menggunakan analisis ragam. Hubungan umur tanaman, keanekaragaman vegetasi dan kelimpahan predator dengan intensitas serangan PBK dianalisis menggunakan analisis regresi. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa intensitas serangan PBK berdasarkan buah yang terserang berkisar 0,01% - 0,12% per plot (0,06% - 1,01% per ha) dan berdasarkan pohon berkisar 1% - 48% per plot (0,12% - 5,76% per ha). Intensitas serangan PBK tertinggi didapatkan pada lokasi perkebunan kakao di Sukodono dan terendah pada lokasi perkebunan kakao di AFD Babadan. Kondisi habitat yang mempengaruhi intensitas serangan PBK yaitu umur tanaman, kerapatan



tutupan kanopi, dan sanitasi, sedangkan varietas, aplikasi pestisida dan keanekaragaman vegetasi tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pada umur tanaman muda, kerapatanutupan kanopi yang sedang dan rapat, serta tanpa sanitasi dan tanpa aplikasi pestisida memiliki intensitas serangan PBK yang lebih tinggi. Hasil analisis regresi, umur tanaman berkorelasi negatif dengan intensitas serangan PBK yaitu semakin tua umur tanaman semakin rendah intensitas serangan PBK, sedangkan keanekaragaman vegetasi tidak berkorelasi dengan intensitas serangan PBK. Terdapat empat jenis semut predator yang ditemukan pada 12 perkebunan kakao yaitu *Dolichoderus thoracicus*, *Technomyrmex albipes*, *Anoplolepis gracilipes*, dan *Oecophylla smaragdina*. Kelimpahan semut predator khususnya *O. smaragdina* mempengaruhi intensitas serangan PBK. Kelimpahan semut predator *O. smaragdina* berkorelasi negatif dengan intensitas serangan PBK yaitu semakin tinggi kelimpahan *O. smaragdina* maka semakin rendah intensitas serangan PBK, sedangkan semut lainnya tidak berkorelasi dengan intensitas serangan PBK. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa umur tanaman, kerapatanutupan kanopi, sanitasi, dan kelimpahan *O. smaragdina* mempengaruhi intensitas serangan PBK.





## SUMMARY

**Emha Dwi Rifqi Rafid. 165040201111068. Effect of Habitat Condition of Cacao Plantations and Predatory Ant Abundance on the Intensity of Cacao Pod Borer (*Conopomorpha cramerella* (Snellen)) Attacks. Supervised by Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.**

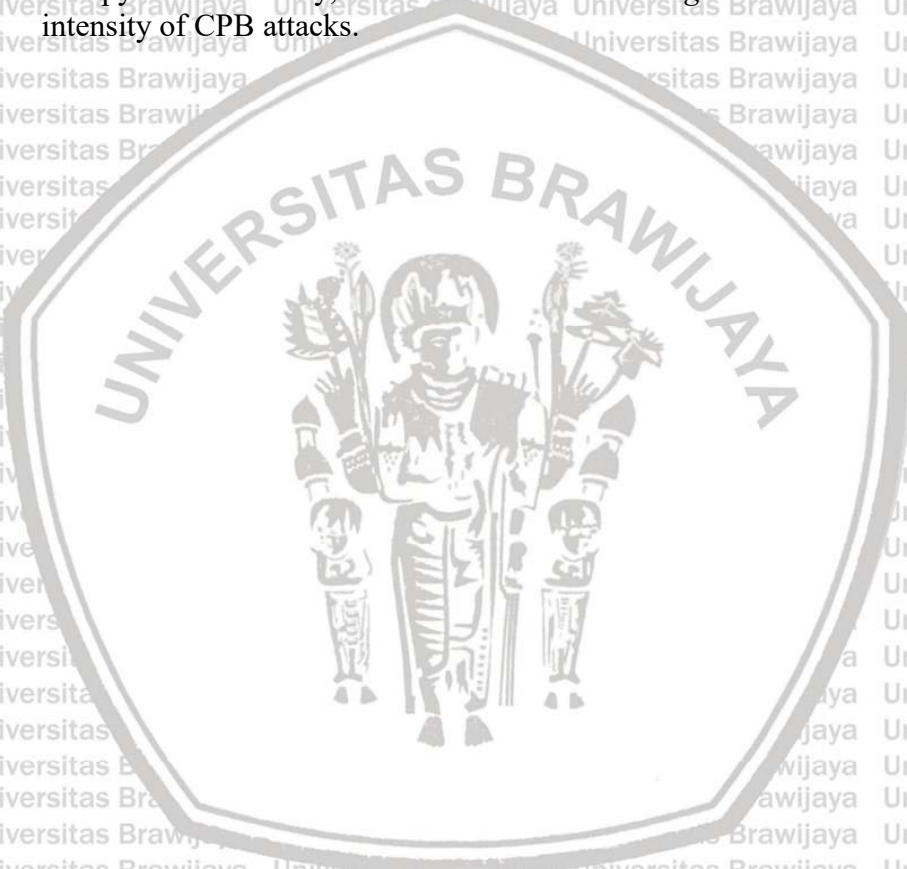
An important plantation commodity in the economy in Indonesia is cacao (*Theobroma cacao* L.). Since 1980 the total area of cacao land has continued to increase. The total area of cacao growing in Indonesia in 2018 will reach 1,66 million hectares. However, the increase in the area of cacao is not offset by an increase in cacao productivity. Since 2006 cacao productivity in Indonesia has fluctuated and tends to decline. Cacao productivity in Indonesia in 2014-2018 decreased by 19,65%, 143,16 thousand tons from 728,4 thousand tons. The decline in cacao productivity is due to various factors including changes in land conditions, plant age, pest and disease attacks. One of the important pests in cacao plant is cacao pod borer (CPB), *Conopomorpha cramerella* (Snellen). In Indonesia, the intensity of CPB attacks is reported to reach 90%. Control of CPB is carried out by farmers in the field that is using conventional control with the use of intensive chemical pesticides that cause negative impacts on the environment and also the death of natural enemies. Therefore, efforts are needed to control CPB through environmentally friendly management of cacao agroecosystems.

This research was conducted in January-March 2020 on 12 cacao plantations in five districts in East Java. Determination of location using expert judgment and snowball sampling methods with criteria for plant age of 3-10 years, the distance between locations is at least 2 km, and has more than 100 plants. Each location was determined by an observation plot measuring 10 trees x 10 trees (about 1200 m<sup>2</sup>) with each plot located at least 1 tree from the edge of the land. In each plot, observing the symptoms of a CPB attack every month for three months by observing the symptoms of a CPB attack on fruit. Observation of predatory ants was done by taking directly on 100 plants that are observed. Habitat conditions that were used as factors were plant age, canopy cover density, vegetation, temperature, and humidity. The effect of differences in location, plant age, canopy cover with the intensity of the CPB attack were analyzed using analysis of variance. The relationship of plant age, vegetation diversity and predator abundance with the intensity of the CPB attack were analyzed using regression analysis. The purpose of this study was to determine the effect of habitat conditions on cacao plantations and abundance of predator ants on the intensity of CPB attacks.

The results showed that the intensity of CPB attacks based on attacked fruit ranged from 0.01% - 0.12% per plot (0.06% - 1.01% per ha) and based on attacked trees ranging from 1% - 48% per plot (0.12% - 5.76 % per ha). The highest intensity of CPB attacks was found at the location of cacao plantations in Sukodono and the lowest at the location of cacao plantations in AFD Babadan. Habitat conditions that was affected the intensity of CPB attacks are plant age, canopy cover density, and sanitation, while varieties, pesticide application and vegetation diversity did not affect by the intensity of CPB attacks. The results of the analysis of variance showed that at the age of young plants, the density of the canopy cover that was moderate and tight, and without sanitation and without



pesticide application had a higher ability of CPB attacks. The results of the regression analysis, plant age was negatively correlated with the intensity of the CPB attack ie the older the age of the plant the lower the intensity of the CPB attack, while the diversity of vegetation does not correlate with the intensity of the CPB attack. There are four types of predator ants found in 12 cacao plantations, namely *Dolichoderus thoracicus*, *Technomyrmex albipes*, *Anoplolepis gracilipes*, and *Oecophylla smaragdina*. The abundance of predator ants, especially *O. smaragdina* was affects the intensity of CPB attacks. The abundance of *O. smaragdina* predator ants is negatively correlated with the intensity of CPB attacks, which is that the higher the abundance of *O. smaragdina*, the lower the intensity of CPB attacks, while other ants do not correlate with the intensity of CPB attacks. Based on the results of the study it can be concluded that plant age, canopy cover density, sanitation and *O. smaragdina* abundance influence the intensity of CPB attacks.



DAFTAR ISI

RINGKASAN.....	i
SUMMARY.....	iii
KATA PENGANTAR.....	v
RIWAYAT HIDUP.....	vi
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Hipotesis.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Karakteristik Tanaman Kakao.....	3
2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kakao.....	6
2.3 Taksonomi dan Bioekologi Penggerek Buah Kakao.....	7
2.4 Gejala Serangan Penggerek Buah Kakao.....	8
2.5 Musuh Alami Penggerek Buah Kakao.....	9
2.6 Pengaruh Kondisi Habitat Pertanian terhadap Penggerek Buah Kakao.....	10
2.7 Potensi Semut Predator untuk Mengendalikan Penggerek Buah Kakao.....	11
2.8 Pengendalian Penggerek Buah Kakao.....	11
III. METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	14
3.2 Alat dan Bahan.....	15
3.3 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4 Analisis Data.....	18
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Perbedaan Intensitas Serangan PBK pada Perkebunan Kakao di Jawa Timur.....	20
4.2 Pengaruh Kondisi Habitat terhadap Intensitas Serangan PBK.....	22
4.3 Hubungan Kelimpahan Predator terhadap Intensitas Serangan PBK.....	29
V. PENUTUP.....	33



5.1 Kesimpulan..... 33

5.2 Saran..... 33

DAFTAR PUSTAKA..... 34

LAMPIRAN..... 41



DAFTAR GAMBAR

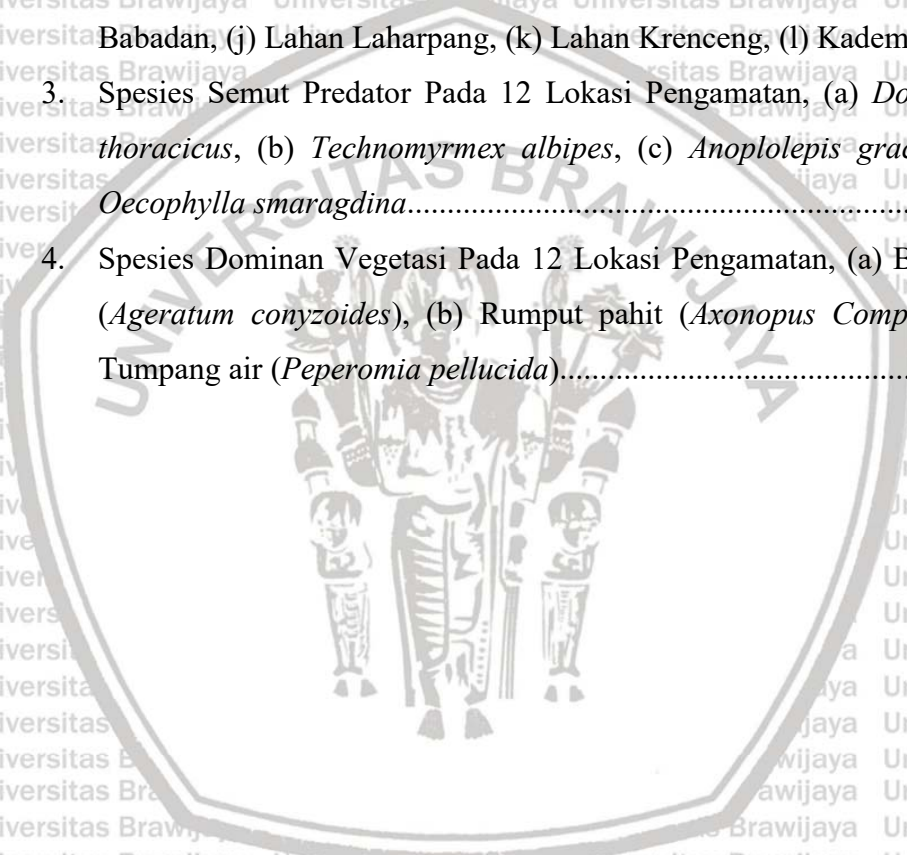
Nomor	Teks	Halaman
1.	Percabangan tanaman kakao (Lukito <i>et al.</i> , 2004).....	4
2.	Bentuk helai daun tanaman kakao (Lukito <i>et al.</i> , 2004).....	5
3.	Bunga kakao yang tumbuh di batang (Lukito <i>et al.</i> , 2004).....	5
4.	Larva PBK instar 6 (Samsudin, 2014).....	8
5.	Lubang keluar larva PBK instar akhir (Samsudin, 2014).....	9
6.	Peta lokasi 12 perkebunan kakao. Kode dalam peta mengikuti kode pada Tabel 2.....	14
7.	Desain plot pengamatan. Nomor pohon menunjukkan alur pengamatan, lingkaran hitam menunjukkan tanaman kakao, dan petak berwarna biru menunjukkan petak pengamatan.....	16
8.	Petak kuadrat 1m x 1m.....	17
9.	Fotoutupan kanopi.....	18
10.	<i>Hygrometer Thermometer</i> HTC.....	18
11.	Boxplot, (a) perbedaan intensitas serangan PBK pada umur tanaman kakao, (b) Hubungan intensitas serangan PBK dengan umur tanaman. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.....	23
12.	Boxplot, perbedaan intensitas serangan PBK padautupan kanopi. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.....	25
13.	Boxplot, (a) perbedaan intensitas serangan PBK pada sanitasi, (b) perbedaan intensitas serangan PBK pada pestisida. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.....	27
14.	Hubungan (a) kelimpahan dan (b) keberadaan <i>O. smaragdina</i> dan intensitas serangan PBK.....	30



Lampiran

Nomor Teks Halaman

1. Kondisi Lokasi Pengamatan (a) AFD Badek, (b) Wonosalam, (c) AFD Babadan, (d) Kemloko 1, (e) Kemloko 2, (f) Sukodono, (g) Karang, (h) Modangan, (i) Laharpang, (j) AFD Pakelan, (k) Krenceng, (l) Kademangan.....42
2. Dokumentasi Tutupan Kanopi, (a) Lahan Modangan, (b) Lahan Kemloko 2, (c) Lahan Kemloko 1, (d) Lahan Sukodono, (e) Lahan Sambirejo, (f) Lahan Sukowetan, (g) Lahan AFB Badek, (h) Lahan Pakelan, (i) AFD Babadan, (j) Lahan Laharpang, (k) Lahan Krenceng, (l) Kademangan.....43
3. Spesies Semut Predator Pada 12 Lokasi Pengamatan, (a) *Dolichoderus thoracicus*, (b) *Technomyrmex albipes*, (c) *Anoplolepis gracilipes*, (d) *Oecophylla smaragdina*..... 44
4. Spesies Dominan Vegetasi Pada 12 Lokasi Pengamatan, (a) Babandotan (*Ageratum conyzoides*), (b) Rumput pahit (*Axonopus Compressus*), (c) Tumpang air (*Peperomia pellucida*)..... 44



**DAFTAR TABEL**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Ciri-ciri kakao yang dikembangkan di Indonesia (Martono, 2013).....	3
2.	Data letak administratif dan pemilik lahan.....	15
3.	Intensitas serangan PBK (%) pada bulan pengamatan yang berbeda.....	21
4.	Deskripsi kondisi habitat pada 12 lokasi perkebunan kakao.....	22
5.	Rerata kelimpahan dan keberadaan (%) spesies semut predator pada 100 pohon di tiap lokasi pengamatan.....	29
6.	Hasil analisis regresi hubungan kelimpahan dan keberadaan semut predator dengan intensitas serangan PBK.....	30

**Lampiran**

Nomor	Teks	Halaman
1.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada 12 Lokasi.....	44
2.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK berdasarkan pohon yang terserang pada 12 Lokasi.....	45
3.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada buah berdasarkan waktu pengamatan.....	45
4.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada pohon berdasarkan waktu pengamatan.....	45
5.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Umur Tanaman.....	45
6.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Kerapatan Tutupan Kanopi.....	45
7.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Sanitasi.....	45
8.	Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada pestisida.....	46
9.	Hasil Analisis Regresi Hubungan Kerapatan tutupan Kanopi Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	46
10.	Hasil Analisis Regresi Hubungan Umur Tanaman Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	46
11.	Hasil Analisis Regresi Hubungan Spesies Vegetasi Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	46
12.	Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan <i>Dolichoderus thoracicus</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	46





13. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan <i>Technomyrmex albipes</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	46
14. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan <i>Anoplolepis gracilipes</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
15. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan <i>Oecophylla smaragdina</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
16. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan <i>Dolichoderus thoracicus</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
17. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan <i>Technomyrmex albipes</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
18. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan <i>Anoplolepis gracilipes</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
19. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan <i>Oecophylla smaragdina</i> Terhadap Intensitas Serangan PBK.....	47
20. Hasil Analisis Korelasi Hubungan Kerapatan Tutupan Kanopi Terhadap Suhu Udara.....	48
21. Hasil Analisis Korelasi Hubungan Kerapatan Tutupan Kanopi Terhadap Kelembaban Udara.....	48
22. Perhitungan Intensitas Serangan PBK per Ha.....	48
23. Perhitungan Tutupan Kanopi.....	49
24. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Kelembaban Udara.....	49
25. Hasil Perhitungan Kelimpahan Semut Predator.....	50
26. Hasil Identifikasi Vegetasi Gulma.....	50



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Salah satu komoditas perkebunan penting dalam perekonomian di Indonesia adalah komoditas kakao (*Theobroma cacao* L.) yang termasuk komoditas penghasil devisa negara di sektor non migas. Indonesia merupakan negara pengekspor biji kakao terbesar ketiga di dunia dengan hasil produksi biji kering 550.000 ton (ICCO, 2011). Sejak tahun 1980 luas areal lahan kakao di Indonesia mengalami peningkatan (Nuryati *et al.*, 2016). Luas areal lahan kakao di Indonesia pada tahun 2018 mencapai 1,66 juta hektar (BPS, 2018). Akan tetapi peningkatan luas areal lahan pertanaman kakao tidak diimbangi dengan peningkatan produktivitas kakao. Menurut Nuryati *et al.*, (2016) sejak tahun 2006 produktivitas kakao di Indonesia berfluktuatif dan cenderung mengalami penurunan. Menurut BPS (2018) produktivitas kakao di Indonesia pada tahun 2014-2018 mengalami penurunan sebesar 19,65% yaitu 143,16 ribu ton dari 728,4 ribu ton. Penurunan produktivitas kakao disebabkan dari berbagai macam faktor diantaranya kondisi lahan, serangan hama dan penyakit, dan umur tanaman (Maswadi, 2011).

Salah satu hama penting tanaman kakao adalah penggerek buah kakao (PBK), *Conopomorpha cramerella* (Snellen). Gejala serangan PBK menyebabkan buah menjadi masak lebih awal ditandai dengan warna pada buah kakao yaitu belang kuning hijau atau belang kuning jingga (Sulistyowati, 1997). Serangan dari PBK dapat menyebabkan biji melekat satu sama lain dan biji melekat pada dinding buah (Wardojo, 1994). Serangan PBK dapat menurunkan produksi kakao hingga 90% (Anshary, 2002). Di Indonesia, rata-rata persentase serangan PBK dilaporkan dapat mencapai lebih dari 90% (Sulistyowati *et al.*, 2007).

Pengendalian PBK yang dilakukan para petani dilapang yaitu menggunakan pengendalian secara konvensional dengan penggunaan pestisida kimia intensif. Pestisida kimia intensif yang digunakan secara terus menerus dapat menimbulkan dampak negatif dan juga matinya musuh alami (Ehler, 2006). Oleh karena itu, diperlukan upaya pengendalian PBK melalui pengelolaan agroekosistem kakao yang ramah lingkungan yaitu dengan pengelolaan kondisi habitat. Menurut Purwaningsih *et al.*, (2014) pengelolaan kondisi habitat dapat



menciptakan atau mempengaruhi keseimbangan agroekosistem yang sehat seperti sanitasi, pemberian bahan organik, dan manipulasi habitat sehingga jumlah dan keberadaan musuh alami dapat menekan serangan PBK.

Salah satu musuh alami yang dapat dimanfaatkan sebagai serangga predator adalah semut. Semut predator yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian PBK adalah *Dolichoderus thoracicus*, *Oecophylla smaragdina*, dan *Iridomyrmex*. Menurut Anshary (2009) semut hitam (*D. thoracicus*) mampu menekan serangan PBK di lapangan mencapai 8,3%, sedangkan semut predator *Iridomyrmex* dapat memangsa kepompong PBK (Ditjenbun, 2010). Keberadaan semut predator dipengaruhi oleh kondisi habitat sekitar dan faktor pembatas kondisi yang tidak mendukung untuk pembuatan sarang, sumber makanan yang terbatas, suhu rendah (Andersen, 2000). Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui intensitas serangan PBK pada 12 perkebunan kakao yang berbeda di lima kabupaten di Jawa Timur.
2. Mengetahui pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK.

## 1.3 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah :

1. Terdapat perbedaan intensitas serangan hama PBK pada setiap perkebunan kakao yang diteliti.
2. Terdapat pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai pengaruh kondisi habitat perkebunan kakao dan kelimpahan semut predator terhadap intensitas serangan PBK sehingga dapat digunakan sebagai dasar dari pengelolaan hama.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik Tanaman Kakao

#### 2.1.1 Klasifikasi

Tanaman kakao termasuk golongan tanaman tahunan (*perennial*). Tanaman kakao memiliki 10 pasang kromosom dan termasuk kedalam tanaman dikotil (Martono, 2013). Susunan taksonomi tanaman kakao yaitu Divisi: Spermatophyta, Subdivisi: Angiospermae, Kelas: Dicotyledoneae, Subkelas: Dialypetalae, Bangsa: Malvales, Suku: Sterculiaceae, Marga: Theobroma, Spesies: *Theobroma cacao* L. (Tjitrosoepomo, 1988). Terdapat 22 genus *Theobroma* famili Sterculiaceae, namun hanya 2 jenis kakao yang digunakan untuk budidaya yaitu *Theobroma cacao* dan *Theobroma grandiflorum* (Martono, 2013).

Tanaman kakao yang dikembangkan di Indonesia dibagi dalam tiga tipe kelompok yaitu tipe Criollo, Forastero, dan Trinitario (Tabel 1). Tipe Criollo memiliki ciri-ciri yaitu permukaan kulit buah kasar, kotiledon putih, kulit buah lunak, dan tebal (Martono, 2013). Tipe Forastero memiliki ciri-ciri yaitu permukaan kulit buah kasar dan tipis, warna kotiledon ungu yang disebabkan oleh senyawa antosianin dalam biji kakao (Martono, 2013). Tipe Trinitario memiliki ciri-ciri yaitu kulit buah halus, kulit buah tipis, dan keras (Martono, 2013). Tipe Trinitario merupakan hibrida dari Criollo dan Forastero (secara alami) sifat-sifatnya ada diantara keduanya (Martono, 2013).

Tabel 1. Ciri-ciri kakao yang dikembangkan di Indonesia (Martono, 2013)

No	Ciri-ciri	Tipe/Jenis		
		Criollo	Forastero	Trinitario
1.	Warna buah	Merah	Hijau	Beragam
2.	Kulit buah	Kasar	Halus	Kasar – halus
3.	Warna biji	Putih	Ungu	Ungu
4.	Bentuk biji	Bulat besar	Lonjong pipih	Lonjong pipih
5.	Kadar lemak	Sedikit	Banyak	Sedang
6.	Citarasa	Baik	Sedang	Sedang
7.	Tahan hama dan penyakit	Kurang tahan	Lebih tahan	Cukup tahan
8.	Pertumbuhan tanaman	Kurang kuat	Kuat dan cepat	Sedang dan cepat
9.	Produksi	Sedikit	Tinggi	Sedang



## 2.1.2 Morfologi

### a. Batang (*caulis*)

Tanaman kakao memiliki habitat asli berasal dari hutan tropis yang memiliki curah hujan tinggi, kelembaban tinggi, naungan pohon-pohon yang tinggi (Martono, 2013). Di habitat asli tanaman kakao akan tumbuh tinggi hingga mencapai 20 meter, namun jika dibudidayakan tinggi kakao mencapai 1,8 m – 3,0 m pada umur 3 tahun (Lukito *et al.*, 2004). Tanaman kakao memiliki dua bentuk cabang vegetatif yaitu tunas ortotrop (cabang yang tumbuh keatas) dan tunas plagiotrop (cabang yang tumbuh arah kesamping) (Gambar 1) (Lukito *et al.*, 2004).



Gambar 1. Percabangan tanaman kakao (Lukito *et al.*, 2004)

Tanaman kakao yang tumbuh berasal dari biji akan membentuk jorket atau tempat percabangan dari pola percabangan ortotrop ke plagiotrop setelah pertumbuhan mencapai 0,9 m – 1,5 m (Lukito *et al.*, 2004). Pada teknik budidaya tanaman wiwilan atau tunas air yang tumbuh pada bagian batang pokok akan dibuang agar pertumbuhan menjadi optimal (Lukito *et al.*, 2004).

### b. Daun (*folium*)

Daun pada tanaman kakao memiliki sifat sama dengan sifat percabangannya yaitu dimorfisme yaitu pada tunas ortotrop memiliki tangkai daun yang panjang yaitu 7,5 cm – 10 cm, sedangkan pada tunas plagiotrop memiliki tangkai daun yang pendek yaitu 2,5 cm (Lukito *et al.*, 2004). Daun kakao termasuk daun tunggal (*folium simplex*) yaitu pada tangkai daun hanya memiliki satu helaian daun (Martono, 2013). Tangkai daun kakao (*petiolis*) memiliki bentuk silinder, bersisik halus, ujung runcing, pangkal membulat, dan



memiliki warna yang bervariasi yaitu hijau, hijau kekuningan, dan hijau kecoklatan (Martono, 2013).

Tanaman kakao memiliki bentuk helai daun yang bulat memanjang (*oblongus*), ujung daun meruncing (*acuminatus*) (Gambar 2) (Lukito *et al.*, 2004).

Susunan tulang daun menyirip dan tulang daun menonjol ke permukaan bawah helai daun. Daun yang ternaungi berukuran lebih lebar dan berwarna hijau daripada daun yang terkena cahaya penuh matahari (Wood dan Lass, 1985).



Gambar 2. Bentuk helai daun tanaman kakao (Lukito *et al.*, 2004)

#### c. Bunga (*flos*)

Tanaman kakao memiliki bunga yang bersifat cauliflora atau letak tumbuh dan berkembang bunga dan buah berada di bekas ketiak daun pada batang dan percabangan (Gambar 3) (Lukito *et al.*, 2004). Bunga pada kakao termasuk kedalam bunga sempurna yang memiliki 5 daun kelopak (*calyx*) muda dan 10 benang sari (*androecium*) (Martono, 2013). Panjang tangkai bunga kecil tetapi memanjang (1 cm - 1,5 cm) dan memiliki warna tangkai yang beragam yaitu hijau, hijau muda, hijau kemerahan, merah, dan merah muda (Martono, 2013). Dalam kondisi yang normal, tanaman kakao dapat menghasilkan bunga sebanyak 6000-10.000 per tahun, namun hanya lebih kurang 5% yang dapat menjadi buah (Martono, 2013).



Gambar 3. Bunga kakao yang tumbuh di batang (Lukito *et al.*, 2004)



#### d. Akar (*radix*)

Tanaman kakao memiliki akar tunggang yang disertai dengan akar serabut (Martono, 2013). Tanaman kakao termasuk tanaman *surface root feeder* yaitu pertumbuhan akar yang berkembang dekat dengan permukaan tanah (mendatar) dengan kedalaman 30 cm-50 cm (Lukito *et al.*, 2004). Tanah akan mempengaruhi perakaran pada tanaman kakao yaitu tanah dengan permukaan air rendah, akar tumbuh panjang, sedangkan kondisi tanah liat dan kedalaman air yang tinggi, akar tumbuh lateral dekat dengan permukaan tanah dan tidak dalam (Martono, 2013).

#### e. Buah dan Biji

Buah kakao hanya memiliki dua macam warna buah yaitu pertama buah pada saat muda berwarna hijau jika sudah masak akan berwarna kuning, kedua buah pada saat muda berwarna merah, namun pada saat matang berwarna orange (Lukito *et al.*, 2004). Buah kakao memiliki 10 alur dalam dan dangkal dengan tebal antara 1 cm-2 cm tergantung jenis klonnya. Panjang buah berkisar 16,2 cm-20,50 cm dengan diameter 8 cm-10,7 cm (Martono, 2013). Buah kakao memiliki 3 bagian utama yaitu kulit buah, plasenta, dan biji. Kulit buah merupakan bagian terbesar dari buah kakao yaitu 70% dari berat buah masak, sedangkan biji kakao berkisar 27%-29%, kemudian plasenta sebagai pengikat biji yang terdapat dalam buah kakao (Mulato *et al.*, 2005). Menurut Rohan (1963) dalam Martono (2013) buah kakao akan terbentuk 14 hari setelah mengalami penyerbukan bunga, kemudian akan mengalami perkembangan pemasakan maksimal selama 143 hari buah.

Biji kakao dibungkus oleh daging buah yang berwarna putih. Biji kakao berukuran 2,5 cm x 1,5 cm berbentuk bulat agak pipih (Martono, 2013). Menurut Martono (2013) buah kakao memiliki biji sekitar 20-60 per buah. Terdapat 3 bagian penting biji kakao yaitu kotiledon dengan presentase paling besar yaitu 87,10%, kemudian kulit dengan presentase 12%, setelah itu lembaga dengan presentase 0,8%.

### 2.2 Syarat Tumbuh Tanaman Kakao

Kakao tumbuh dalam iklim di daerah tropis. Menurut Karmawati *et al.* (2010) ketinggian yang sesuai bagi tanaman kakao di Indonesia adalah < 800 mdpl. Rata-rata curah hujan yang ideal atau baik bagi tanaman kakao adalah



1.100-3000 mm/tahun, namun jika curah hujan melebihi 4.500 mm/tahun akan menyebabkan tanaman kakao rentan terhadap penyakit busuh buah, sebaliknya jika curah hujan < 1.100 mm/tahun diperlukan penggunaan irigasi agar kebutuhan air tercukupi bagi tanaman kakao (Karmawati *et al.*, 2010). Suhu yang ideal bagi tanaman kakao rata-rata antara 15-30°C (Bahri, 1996). Menurut Karmawati *et al.* (2010) jika suhu dibawah 10°C akan mengakibatkan bunga mengering dan daun berguguran yang dapat menyebabkan laju pertumbuhan tidak optimal, biji kakao mengandung asam lemak jenuh yang tinggi sebaliknya jika suhu terlalu tinggi dalam kurun waktu yang panjang akan mengakibatkan matinya pucuk, gejala nekrosis pada daun, memacu pembungaan, tetapi kemudian akan gugur.

Tanaman kakao memerlukan naungan untuk mengurangi penyinaran matahari. Sinar matahari diperlukan kakao untuk melangsungkan proses fotosintesis, terutama pada pembungaan dan pemasakan buah akan tergantung terhadap intensitas sinar matahari. Fotosintesis yang optimal bagi tanaman kakao jika menerima 20% cahaya matahari dari pencahayaan penuh, jika cahaya terlalu banyak akan mengakibatkan lilit batang kecil, daun menjadi sempit, batang relatif pendek (Karmawati *et al.*, 2010). Kondisi tanah yang optimal bagi tanaman kakao yaitu lempung liat berpasir dengan komposisi 30-40% fraksi liat, 50% pasir, dan 10-20% debu dengan pH 6-7,5, kondisi bahan organik 3% setebal 0-15 cm dipermukaan tanah (Karmawati *et al.*, 2010).

### 2.3 Taksonomi dan Bioekologi Penggerek Buah Kakao

Penggerek buah kakao (PBK) termasuk kedalam Kerajaan Animalia, Filum Arthropoda, Kelas Insecta, Bangsa Lepidoptera, Keluarga Gracillariidae, Marga *Conopomorpha*, dan Jenis *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (CABI, 2019). Penggerek buah kakao pertama kali dijelaskan pada awal abad ke 20 dan diberi nama *Acrocercops cramerella*, namun penempatan generik spesies ini telah di revisi menjadi *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Bradley, 1986). Siklus hidup PBK lebih kurang 35-45 hari dari telur hingga menjadi imago (Hase, 2009). Serangga betina PBK dapat menghasilkan 100 hingga 200 butir telur dengan siklus hidup 1 bulan per generasi sehingga dalam kurun waktu satu tahun satu ekor pasang PBK dapat menghasilkan 1.200-2.400 ekor larva (Wiryadiputra, 1996). Telur PBK berbentuk oval dengan ukuran panjang 0,45-0,50 mm, lebar



0,25-0,30 mm, memiliki warna orange. Stadium telur PBK lebih kurang 2-7 hari (Samsudin, 2014). Larva PBK terdiri atas 4-6 instar dengan rentan waktu 14-18 hari dan dapat berganti kulit sebanyak 4 kali dengan warna putih sampai hijau muda (Ooi *et al.*, 1987). Larva PBK memiliki warna putih transparan berukuran lebih kurang 1 mm hingga 12 mm (Gambar 4) dan langsung dapat menggerek ke dalam buah kakao dan memakan kulit buah dan daging buah (Samsudin, 2014). Larva instar akhir yang akan menjadi pupa mulai keluar pada pukul 18.00 yang akan membentuk kokon dan melekat pada daun, buah, seresah, ranting, diatas permukaan tanah (Lim, 1992). Kokon PBK berwarna coklat dan lama stadium pupa lebih kurang 5-8 hari (Lim, 1992).



Gambar 4. Larva PBK instar 6 (Samsudin, 2014)

Serangga dewasa PBK berupa ngengat (*moth*), yang memiliki ukuran lebih kurang 7 mm dan rentangan sayap 12 mm. Ngengat berwarna coklat dan terdapat pola zig-zag berwarna putih sepanjang sayap depan (Samsudin, 2014). Antenna ngengat lebih panjang dibandingkan tubuhnya. Imago aktif pada malam hari, sedangkan pada siang hari imago bersembunyi dibagian cabang-cabang horizontal (Samsudin, 2014). Menurut Samsudin (2014) ngengat (imago) meletakkan telurnya berkisar pukul 18.00-07.00 dan diletakkan pada permukaan buah, kopulasi dilakukan pada pagi hari antara pukul 04.00-05.00.

#### 2.4 Gejala Serangan Penggerek Buah Kakao

PBK aktif menyerang buah kakao pada fase larva. PBK menyerang pada buah kakao yang memiliki ukuran 8cm pada umur 75 hari. Larva PBK menyerang dengan menggerek buah kakao. Bagian yang diserang larva PBK yaitu daging buah yang lunak diantara biji dibawah kulit buah dan saluran makanan ke biji (*placenta*) dan gejala yang ditimbulkan akan tampak dari luar setelah biji sudah rusak (Samsudin, 2014).



Serangan berat PBK dapat ditandai dengan banyaknya lubang masuk atau lubang gerek dan lubang keluar PBK (Gambar 5). Gejala buah kakao yang terserang PBK akan masak lebih awal dan berwarna belang kuning hijau atau kuning jingga, selain itu juga biji yang terserang menjadi rusak (Sulistyowati, 1997). Menurut Samsudin (2014) buah kakao yang terserang PBK terdapat lendir dan kotoran pada daging buah dan rusaknya biji-biji di dalam buah.



Gambar 5. Lubang keluar larva PBK instar akhir (Samsudin, 2014)

### 2.5 Musuh Alami Penggerek Buah Kakao

Hama PBK diketahui memiliki musuh alami dari beberapa jenis yaitu serangga predator, patogen, parasitoid. Serangga predator yang paling berperan untuk mengendalikan atau menekan hama PBK adalah berbagai spesies semut yang mampu memangsa stadium pupanya (Wiryadiputra, 1996). Di Indonesia dan Malaysia, populasi semut hitam yang berlimpah pada perkebunan kakao mampu menurunkan persentase serangan PBK (Prawoto, 2008). Jenis semut predator yang dapat menekan serangan PBK adalah *Dolichoderus thoracicus*, *Oecophylla smaragdina*, dan *Iridomyrmex* (Anshary, 2009; Nuriadi, 2011, Ditjenbun, 2010).

Hasil penelitian See dan Khoo (1996) tingkat kelimpahan *Dolichoderus thoracicus* yang tinggi, serangan PBK hanya berkisar 4%, sedangkan kelimpahan *Dolichoderus thoracicus* yang rendah, serangan PBK dapat mencapai 67%.

Patogen yang dapat dimanfaatkan untuk menekan serangan PBK adalah *Beauveria bassiana* dan *Phoecilomyces fumosoroseus*. Menurut Prawoto (2008) penggunaan jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* dapat menekan serangan PBK antara 54%-60,5%, sedangkan penggunaan patogen *Phoecilomyces fumosoroseus* mampu menekan serangan PBK mencapai 49,07%. Parasitoid telur *Trichogrammatoidea bactrae fumata* dapat menurunkan kehilangan hasil serangan PBK mencapai 9,8% (Prawoto, 2008).



## 2.6 Pengaruh Kondisi Habitat Pertanian terhadap Penggerek Buah Kakao

Kondisi habitat merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi perkembangan serangan hama PBK. Menurut hasil penelitian Purwaningsih *et al.*, (2014) buah yang tidak terserang pada lahan yang dilakukan pengelolaan habitat mencapai 31,38% berbeda nyata dengan petak konvensional yang mencapai 8,38%. Kondisi habitat di pengaruhi dari berbagai faktor yaitu teknik budidaya, kesuburan tanah, keanekaragaman serangga.

Teknik budidaya yang tepat akan mempengaruhi tingkat serangan penggerek buah kakao, kelimpahan serangga, dan predator alami pada lahan. Salah satu teknik budidaya yang dianjurkan yaitu melakukan pemeliharaan tanaman dengan pemangkasan setiap 2-4 bulan sekali, hal ini dikarenakan dengan perlakuan pemangkasan naungan dan sanitasi akan menekan perkembangan hama dan penyakit pada tanaman kakao. Menurut Sulistyowati (2003) apabila kondisi perkebunan kakao terlalu rimbun dengan kelembaban yang tinggi akan rentan terhadap ledakan hama dan penyakit.

Pengelolaan tanah akan berkontribusi secara tidak langsung terhadap pengendalian PBK. Menurut Doan *et al.*, (2013) salah satu pengelolaan tanah yang dapat dilakukan yaitu dengan penambahan pupuk organik dan teh kompos yang dapat meningkatkan kecepatan proses dekomposisi dan perombakan tanah menjadi unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Selain itu, penggunaan kascing akan meningkatkan jumlah mikroorganisme, kandungan bahan organik yang diperlukan tanaman (Jouquet *et al.*, 2010). Meningkatnya aktivitas kegiatan mikroorganisme akan membuat tanah menjadi gembur dan memiliki aerasi yang baik, sehingga hal tersebut akan dapat menaikkan kesehatan tanaman dan produksi tanaman (Purwaningsih *et al.*, 2013). Aktivitas biologi dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang ada didalam tanah, semakin tinggi kandungan bahan organik semakin tinggi pula aktivitas biologi pada tanah (Altieri, 2012). Tingginya bahan organik dalam tanah akan memacu populasi dari serangga lain dan detritivor yang dapat digunakan sebagai sumber makanan alternatif dari predator ketika keberadaan hama atau populasi hama rendah (Widiarta *et al.*, 2006).



## 2.7 Potensi Semut Predator untuk Mengendalikan Penggerek Buah Kakao

Semut merupakan salah satu kelompok arthropoda yang banyak dijumpai di ekosistem kakao. Menurut Schmutterer (1978) semut dapat berburu berbagai hama serangga dan tahap perkembangan serangga di perkebunan. Terdapat beberapa jenis semut pada ekosistem kakao yang memiliki potensi sebagai semut predator untuk mengendalikan PBK yaitu *Dolichoderus thoracicus* dan *Oecophylla smaragdina*. Menurut Azhar *et al.* (2004) semut predator *D. thoracicus* mempunyai prospek yang baik sebagai agensia pengendalian biologi PBK. Keaktifan semut predator *D. thoracicus* pada buah akan mengganggu imago PBK untuk meletakkan telur, sehingga buah terhindar dari serangan PBK (Armaniar *et al.*, 2019).

Semut predator *Oecophylla smaragdina* juga memiliki potensi sebagai agensia pengendalian PBK. Semut predator *O. smaragdina* merupakan spesies semut yang memangsa larva dan imago PBK (La Daha *et al.*, 2003). Menurut Gassa *et al.* (2014) semut predator *O. smaragdina* dapat mengurangi jumlah larva, pupa, dan imago PBK pada perkebunan kakao. Semut predator *O. smaragdina* akan mengumpulkan larva dan imago PBK ke sarang mereka dan dijadikan sebagai makanan (Metcalf, 1994).

## 2.8 Pengendalian Penggerek Buah Kakao

Pengendalian PBK yang dilakukan oleh para petani masih banyak menggunakan pestisida. Penggunaan pestisida yang berlebih dapat mengakibatkan berbagai macam masalah seperti peledakan hama, pencemaran lingkungan, mempengaruhi serangga non target. Berdasarkan hal itu strategi pengendalian PBK dapat menggunakan pengendalian yang ramah lingkungan yaitu pengendalian hama dengan meminimalisir dampak negatif. Menurut Samsudin (2014) berikut beberapa pengendalian ramah lingkungan yang dapat digunakan oleh petani meliputi fisik dan mekanik, kultur teknik, biologi, dan organik.

### a. Pengendalian Fisik dan Mekanik

Pengendalian fisik dan mekanik yaitu pengendalian dengan pengamatan secara langsung dan tidak langsung di lapang seperti menggunakan perangkap yaitu feromon seks. Feromon seks merupakan pengendalian dengan pemberian feromon seks buatan untuk menarik imago jantan sehingga dapat mencegah



terjadinya perkawinan. Menurut Sulistyowati (2014) feromon seks dapat meningkatkan hasil sebesar 75,5% dengan kepadatan 24 perangkap/ha. Selain itu, pengendalian efektif pada buah kakao dengan penggunaan penyarungan buah sebelum buah mencapai tingkat kematangan yang menjadi target infestasi PBK.

Teknik penyarungan buah, bertujuan untuk menghindari atau mencegah peletakan telur larva hama. Teknik penyarungan buah dilakukan pada ukuran buah 5 cm–8 cm. Menurut (Vijaysegaran, 1997) pengendalian menggunakan penyarungan aman bagi lingkungan. Teknik penyarungan buah dapat menurunkan jumlah lubang masuk dan keluar larva PBK, jumlah biji lengket, dan meningkatkan berat biji (Suwitra *et al.*, 2010). Kelemahan dalam teknik penyarungan dinilai tidak efisien dan ekonomis pada tanaman kakao.

#### b. Kultur Teknik

Pengendalian kultur teknik atau budidaya adalah teknik pengendalian dengan memperhatikan tindakan-tindakan kultur teknik yang memperhatikan lingkungan pada suatu lahan seperti teknik pengendalian dengan panen sering, sistem pangkas eradikasi, sanitasi kebun. Pengendalian dengan panen sering dapat menekan serangan PBK hingga mencapai 20%-60% (Bahri dan Suntoro, 2002). Pada teknik sistem pemangkasan eradikasi dapat memberikan dampak positif mampu menekan serangan PBK, namun dapat mengurangi kehilangan hasil akibat pemangkasan (Lala *et al.*, 2005).

#### c. Pengendalian Biologi

Pengendalian biologi yaitu pengendalian dengan memanfaatkan agens hayati, parasitoid atau musuh alami dari PBK. Penggunaan musuh alami harus diikuti dengan penyesuaian lahan dengan menanam tanaman inang bagi musuh alami agar dapat berkembang dengan cepat sehingga dapat menekan populasi PBK. Kelebihan dari pengendalian biologi yaitu tidak menyebabkan resurgensi atau peledakan OPT, tidak menyebabkan kerusakan lingkungan, namun kelemahan dalam pengendalian biologi membutuhkan waktu yang cukup lama dibandingkan dengan pestisida kimia. Agensia hayati yang efektif dalam mengendalikan PBK adalah *Beauveria bassiana*, dan semut hitam (*D. thoracicus*). Menurut Sugianto *et al.*, (2013) jamur patogen serangga *B. bassiana* mampu menginfeksi dan mematikan imago PBK mencapai 90%-100%, sedangkan pada

nematoda serangga yaitu *S. capocapsae* mampu melakukan penetrasi pada lubang masuk PBK pada musim kemarau dan hujan dan dapat persisten pada permukaan kulit buah (Rosmana *et al.*, 2010). Predator alami PBK yang telah digunakan sebagai agens hayati adalah semut hitam dengan memelihara atau meletakkan sarang semut di ketiak pohon sehingga mampu mencegah terjadinya serangan PBK pada buah kakao dan mampu menekan kerusakan biji mencapai 8,3% (Anshary, 2009).

#### d. Pengendalian Pestisida Nabati

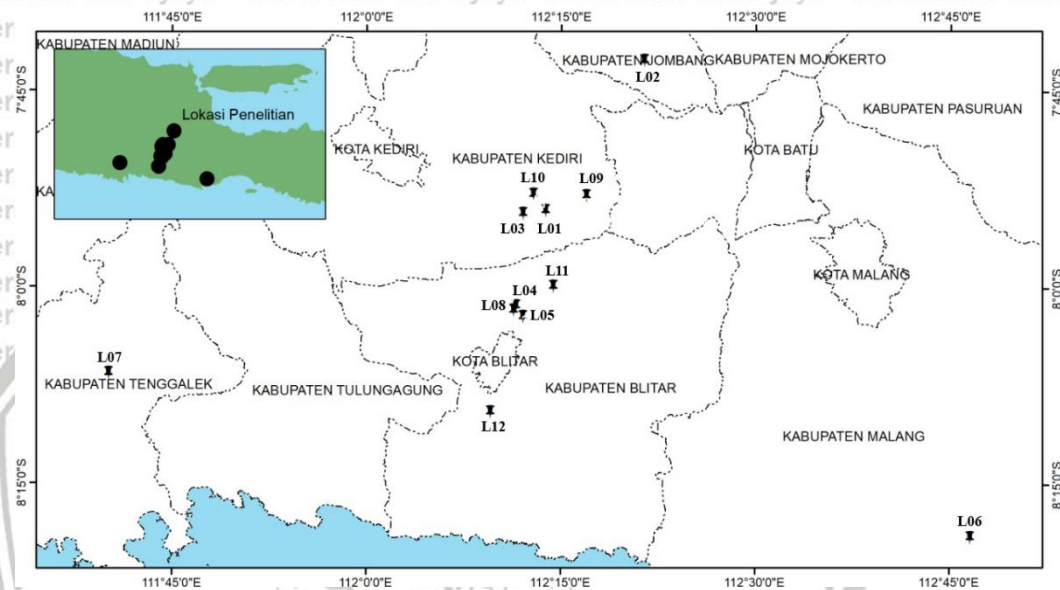
Pengendalian Pestisida nabati yaitu pengendalian dengan memanfaatkan bahan dari tumbuhan. Pengendalian menggunakan pestisida nabati tidak berdampak pada lingkungan dan tidak menyebabkan peledakan OPT. Penggunaan dosis yang sesuai dapat mematikan serangga sasaran dan tidak berdampak pada serangga non sasaran. Menurut Samsudin (2014) pestisida nabati dari ekstrak minyak cengkeh, serai wangi, brotowali, dan umbi gadung efektif dalam pengendalian PBK. Menurut Soeshanty dan Samsudin (2014) ekstrak bandotan metanol 1% dapat menurunkan kehilangan hasil mencapai 36,1%.



### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama tiga bulan mulai dari bulan Januari 2020 sampai bulan Maret 2020. Penelitian dilakukan di 12 lokasi perkebunan kakao yang tersebar di Kabupaten Jombang, Kabupaten Blitar, Kabupaten Malang, Kabupaten Trenggalek, dan Kabupaten Kediri (Gambar 6). Identifikasi serangga dilaksanakan di Jombang.



Gambar 6. Peta lokasi 12 perkebunan kakao. Kode dalam peta mengikuti kode pada Tabel 2

Letak administratif lokasi perkebunan kakao tersebar di 11 desa, 10 kecamatan, dan 5 kabupaten (Tabel 2). Ketinggian tiap lokasi perkebunan kakao berbeda-beda berkisar 134 m dpl – 614 m dpl. Tanaman naungan yang paling banyak ditanam pada 12 lokasi perkebunan kakao yaitu kelapa, dan lamtoro. Pemilik lahan pada tiap lokasi perkebunan kakao berbeda-beda, hanya PTPN XII yang memiliki beberapa lokasi perkebunan kakao, yaitu AFD Badek, AFD Babadan, dan AFD Sepawon.

Tabel 2. Data letak administratif dan pemilik lahan

Kode	Desa	Kecamatan	Kabupaten	Ketinggian (m dpl)	Tanaman Naungan	Pemilik
L01	Badek	Plosoklaten	Kediri	421	Lamtoro	PTPN XII
L02	Sambirejo	Wonosalam	Jombang	406	Kelapa, cengkeh	Bapak Wandu
L03	Babadan	Ngancar	Kediri	402	Lamtoro	PTPN XII
L04	Kemloko 1	Nglegok	Blitar	347	Kelapa	Bapak Hamim
L05	Kemloko 2	Nglegok	Blitar	310	Kelapa	Bapak Bowo
L06	Sukodono	Dampit	Malang	614	Lamtoro	Bapak Yudi
L07	Sukowetan	Karangan	Trenggalek	140	Kelapa, lamtoro	Dinas Pertanian Trenggalek
L08	Modangan	Nglegok	Blitar	486	Kelapa	Bapak harman
L09	Puncu	Laharpang	Kediri	670	Kelapa, mengkudu	Bapak Heru
L10	Pakelan	Plosoklaten	Kediri	396	Lamtoro	PTPN XII
L11	Krenceng	Nglegok	Blitar	297	Kelapa, pisang, lamtoro	Ibu Rini
L12	Plosorejo	Kademangan	Blitar	134	Kelapa, pisang	Bapak setu

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat tulis untuk mencatat data hasil pengamatan, kamera sebagai dokumentasi kegiatan, *tissue* untuk mengeringkan semut predator. Plastik mika, tali benang, gunting, pelubang, kergtas, bolpoin, dan spidol untuk penanda atau nomor tanaman kakao yang akan diamati, *microtube* untuk wadah semut predator. GPS untuk menentukan titik lokasi, mikroskop untuk identifikasi serangga, kuas dan *tube* digunakan untuk koleksi serangga. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanaman kakao sebagai objek penelitian, semut sebagai objek penelitian, dan alkohol 70% untuk pengawetan serangga yang ditemukan.

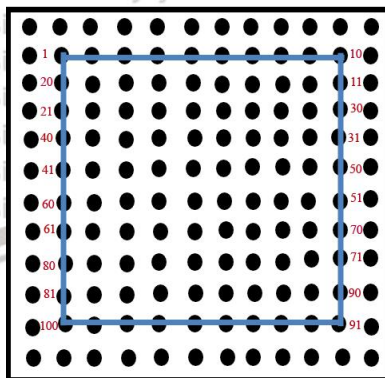
### 3.3 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.3.1 Penentuan Lokasi Penelitian dan Unit Pengambilan Contoh

Penentuan lokasi penelitian ditentukan berdasarkan survei lapang terlebih dahulu atau *purposive sampling*. Metode yang digunakan pada saat penentuan lokasi yaitu metode *expert judgement sampling* dan *snowball sampling* berdasarkan kriteria yang telah ditentukan yaitu memiliki lahan kakao dengan minimal 100 tanaman kakao yang telah berbuah (TM), memiliki umur berkisar 3-



10 tahun, dan jarak antar lahan memiliki radius minimal 2 km. Setiap lokasi ditentukan plot pengamatan berukuran 10 pohon x 10 pohon dan luas plot pengamatan berkisar 1200 m<sup>2</sup> dengan letak tiap plot berjarak minimal 1 pohon dari tepi lahan (Gambar 7). Penentuan masing-masing tanaman kakao dilakukan secara berurutan dan diberi label pada 100 tanaman (Gambar 7).



Gambar 7. Desain plot pengamatan. Nomor pohon menunjukkan alur pengamatan, lingkaran hitam menunjukkan tanaman kakao, dan petak berwarna biru menunjukkan petak pengamatan

### 3.3.2 Pengamatan Gejala Serangan PBK

Pengamatan gejala serangan PBK pada 12 perkebunan kakao dilakukan setiap bulan selama tiga bulan. Pengamatan dilakukan dengan mengamati adanya bekas lubang hasil gerekkan di permukaan kulit buah, kemudian catat hasil serangan. Perhitungan intensitas serangan PBK dihitung menggunakan rumus intensitas serangan mutlak dari Suradji (2003).

$$\text{Intensitas Serangan Mutlak} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan :

n : Jumlah buah dan pohon kakao yang terserang

N : Jumlah buah dan pohon kakao yang diamati

### 3.3.3 Pengamatan Keanekaragaman dan Kelimpahan Semut Predator

Pengamatan kelimpahan semut predator dilakukan tiap bulan pada 100 pohon yang diamati. Pengambilan semut predator dilakukan dengan mengambil secara langsung menggunakan kuas, kemudian dimasukkan kedalam *microtube* yang berisi alkohol dan beri label. Data predator yang didapat digunakan untuk melihat hubungan antara predator dengan serangan PBK.



### 3.3.4 Identifikasi Semut Predator

Hasil kelimpahan semut predator yang didapatkan dilakukan identifikasi untuk mengetahui jenis semut predator yang didapatkan. Semut predator yang didapat kemudian disortir berdasarkan karakter morfologi, kemudian dikeringkan menggunakan tissue. Identifikasi semut predator dilakukan dibawah mikroskop digital yang dihubungkan ke komputer. Identifikasi semut predator mengacu pada buku identifikasi semut dari Hashimoto (2003) yang berjudul *Inventory and Collection Total Protocol for Understanding of Biodiversity*.

### 3.3.5 Pengumpulan Data Pendukung

Pengumpulan data pendukung ini digunakan sebagai penunjang dari data primer yaitu pengamatan gejala PBK. Pengumpulan data dilakukan dengan teknik wawancara pada petani atau pemilik lahan. Pertanyaan yang diajukan meliputi cara budidaya, tanaman naungan, penggunaan pestisida, dan umur tanaman. Selain itu, penggunaan GPS untuk menentukan titik lokasi perkebunan kakao.

### 3.3.6 Pengamatan Vegetasi di Bawah Tanaman Kakao

Pengamatan sampel vegetasi dilakukan dengan mengambil secara acak 10 plot pada tiap perkebunan kakao dengan meletakkan sub-plot berukuran 1m x 1m (Gambar 8). Catat hasil vegetasi yang terdapat didalam frame, kemudian masukkan tiap vegetasi kedalam plastik untuk dilakukan identifikasi. Vegetasi yang telah ditemukan diidentifikasi dengan menggunakan buku identifikasi dari Xu *et al.* (2017) yang berjudul *Identification and Control of Common Weeds: Volume 1-3*.



Gambar 8. Petak kuadrat 1m x 1m

### 3.3.7 Pengamatan Kerapatan Tutupan Kanopi

Pengambilan data kerapatan tutupan kanopi dilakukan dengan mengambil tiga kali foto tutupan kanopi pada lokasi pengamatan dengan cara mendokumentasi 3 buah foto tutupan kanopi dari bawah (permukaan tanah)



(Gambar 9). Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata kerapatan tutupan kanopi. Gambar tutupan kanopi yang didapatkan kemudian dilakukan perhitungan persentase tutupan kanopi dengan menggunakan aplikasi image J (Rueden *et al.*, 2017).



Gambar 9. Foto tutupan kanopi

### 3.3.8 Pengambilan Data Suhu dan Kelembaban

Pengambilan data suhu dan kelembaban dilakukan dengan pengamatan 3 kali pada pukul 08.00, 10.00, dan 13.00. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai rata-rata suhu udara dan kelembaban udara. Alat yang digunakan untuk pengamatan suhu dan kelembaban yaitu *Hygrometer Thermometer HTC* (Gambar 10). Penggunaan *Hygrometer Thermometer HTC* dilakukan dengan meletakkan pada percabangan kakao sampai angka yang tertera pada alat stabil dan akurat.



Gambar 10. *Hygrometer Thermometer HTC*

### 3.4 Analisis Data

Hasil pengamatan serangan PBK disusun menjadi database dengan perangkat lunak Microsoft Excel 2016. Perbedaan intensitas serangan antar kondisi habitat yang berbeda dianalisis menggunakan analisis ragam. Apabila ditemukan perbedaan nyata antar faktor, dilakukan analisis lanjut dengan menggunakan uji Tukey pada taraf kesalahan 5%. Hubungan kondisi habitat dan kelimpahan

predator dengan intensitas serangan PBK dianalisis menggunakan analisis regresi. Keseluruhan analisis dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak R Statistic (R Development Core Team, 2020).





## IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Perbedaan Intensitas Serangan PBK pada Perkebunan Kakao di Jawa Timur

Berdasarkan hasil penelitian, intensitas serangan PBK pada 12 lokasi perkebunan kakao berbeda-beda. Intensitas serangan PBK berdasarkan buah yang terserang pada setiap lokasi perkebunan kakao berkisar 0,01% - 0,12% per plot (0,06% - 1,01% per ha). Intensitas serangan tertinggi terdapat di Sukodono yaitu 0,12% (1,01% per ha), sedangkan intensitas terendah terdapat di AFD Babadan yaitu 0,01% (0,06% per ha). Intensitas serangan PBK berdasarkan pohon yang terserang pada setiap lokasi perkebunan kakao berkisar 1% - 48% (1% - 48% per ha). Intensitas serangan tertinggi terdapat di Kemloko 1 yaitu 48% (5,76% per ha), sedangkan intensitas terendah terdapat di Sukowetan yaitu 1% (0,12% per ha). Menurut hasil penelitian Suherlina *et al.* (2020) intensitas serangan PBK pada buah tertinggi didapatkan mencapai 0,121% dan terendah didapatkan yaitu 0,007%, sedangkan intensitas serangan PBK pada pohon tertinggi didapatkan mencapai 48% dan terendah didapatkan yaitu 0,12%. Berdasarkan hal itu intensitas serangan PBK pada 12 perkebunan kakao yang diamati dapat dikatakan masih tergolong rendah. Hal ini dipertegas pernyataan dari Sulistyowati *et al.* (2007) bahwa rata-rata intensitas serangan PBK di Indonesia mencapai lebih dari 90%.

Hasil analisis ragam didapatkan bahwa perbedaan lokasi pengamatan mempengaruhi intensitas serangan PBK pada buah ( $F_{11,24} = 3,876$ ;  $P = 0,002$ ) dan berdasarkan pohon ( $F_{11,24} = 3,354$ ;  $P = 0,006$ ). Hasil uji Tukey menunjukkan intensitas serangan PBK pada buah di lokasi perkebunan kakao di Sukodono berbeda nyata dengan lokasi perkebunan kakao di AFD Badek, AFD Babadan, Sukowetan, Krenceng, Kademangan pada tingkat plot, sedangkan intensitas serangan PBK pada pohon di lokasi perkebunan kakao di Kemloko 1 berbeda nyata dengan lokasi perkebunan kakao di AFD Badek, AFD Babadan, Sukowetan, AFD Pakelan, Kademangan pada tingkat plot (Tabel 3).

Perbedaan lokasi mempengaruhi intensitas serangan PBK pada buah dan pohon. Hal ini diduga berhubungan dengan perbedaan dari faktor lingkungan yaitu iklim mikro (suhu, cahaya, kelembaban) antar lokasi perkebunan kakao.



Faktor iklim mikro merupakan salah satu faktor penting yang mempengaruhi serangan PBK (Sulistyowati, 2003). Menurut Schowalter (1996) serangga sensitif terhadap variasi lingkungan, namun serangga mampu merespon naik turunnya kondisi lingkungan sehingga dapat menghindari kondisi yang merugikan bagi serangga.

Tabel 3. Intensitas serangan PBK (%) pada bulan pengamatan yang berbeda

Kode	Lokasi	Tingkat Buah					Tingkat Pohon				
		J		F		M	Rerata		Rerata		
		Plot	Ha	Plot	Ha	Plot	Ha	Plot	Ha		
L01	AFD Badek	0,02	0,01	0,00	0,01 b	0,08	6	5	0	4 b	0,48
L02	Sambirejo	0,11	0,02	0,05	0,06 ab	0,52	62	13	3	26 ab	3,12
L03	AFD Babadan	0,02	0,01	0,00	0,01 b	0,06	5	2	0	2 b	0,24
L04	Kemloko 1	0,04	0,08	0,12	0,08 ab	0,65	33	45	67	48 a	5,76
L05	Kemloko 2	0,05	0,05	0,05	0,05 ab	0,42	18	12	15	15 ab	1,80
L06	Sukodono	0,16	0,11	0,09	0,12 a	1,01	24	13	14	17 ab	2,04
L07	Sukowetan	0,00	0,01	0,02	0,01 b	0,09	0	1	3	1 b	0,12
L08	Modangan	0,04	0,02	0,07	0,04 ab	0,34	29	12	34	25 ab	3,00
L09	Laharpang	0,09	0,00	0,01	0,04 ab	0,31	36	4	11	17 ab	2,04
L10	AFD Pakelan	0,08	0,01	0,00	0,03 b	0,26	22	9	1	11 b	1,32
L11	Krenceng	0,03	0,02	0,01	0,02 b	0,18	17	13	7	12 ab	1,44
L12	Kademangan	0,02	0,00	0,00	0,01 b	0,08	8	1	1	3 b	0,36

\*Keterangan: J: Januari, F: Februari, M: Maret. Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom plot menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.

Waktu pengamatan intensitas serangan PBK dilakukan selama tiga bulan yaitu pada bulan Januari, Februari, dan Maret. Berdasarkan hasil analisis ragam, perbedaan waktu pengamatan tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK pada buah ( $F_{2,22} = 3,329$ ;  $P = 0,054$ ) dan pada tingkat pohon ( $F_{2,22} = 2,826$ ;  $P = 0,086$ ). Hal ini dapat dikarenakan pengambilan data intensitas serangan PBK dilakukan pada musim yang sama yaitu musim penghujan. Menurut hasil penelitian Waisanjanani (2011) pada saat musim penghujan, gejala serangan PBK dan populasi PBK tergolong rendah dikarenakan telur PBK yang berada di alur-alur buah terbawa oleh air hujan sehingga populasi PBK menurun. Hal ini dipertegas pernyataan dari Lim (1986) bahwa populasi PBK pada saat musim hujan tergolong rendah.



## 4.2 Pengaruh Kondisi Habitat terhadap Intensitas Serangan PBK

Hasil pengamatan kondisi habitat perkebunan kakao pada keseluruhan lokasi penelitian menunjukkan karakteristik yang berbeda. Umur tanaman kakao pada 12 lokasi perkebunan kakao berkisar 3 – 10 tahun (Tabel 4). Varietas yang paling banyak ditanam adalah MCC 02. Kerapatan tutupan kanopi pada perkebunan kakao tertinggi didapatkan pada lokasi di AFD Babadan yaitu 79,10% dan terendah pada lokasi Kademangan yaitu 56,35%. Suhu udara pada perkebunan kakao di AFD Babadan yaitu 27°C dengan kelembaban 90% dan suhu udara pada perkebunan kakao di Kademangan yaitu 32°C dengan kelembaban udara 55%. Keanekaragaman vegetasi pada perkebunan kakao tertinggi didapatkan yaitu 11 jenis spesies vegetasi dan paling sedikit 2 jenis spesies vegetasi. Selain itu, hanya dua lokasi perkebunan kakao yang tidak dilakukan sanitasi yaitu di Sukodono dan Laharpang. Pestisida yang digunakan pada keseluruhan perkebunan kakao secara umum masih menggunakan pestisida kimia sintetis (Tabel 4).

Tabel 4. Deskripsi kondisi habitat pada 12 lokasi perkebunan kakao

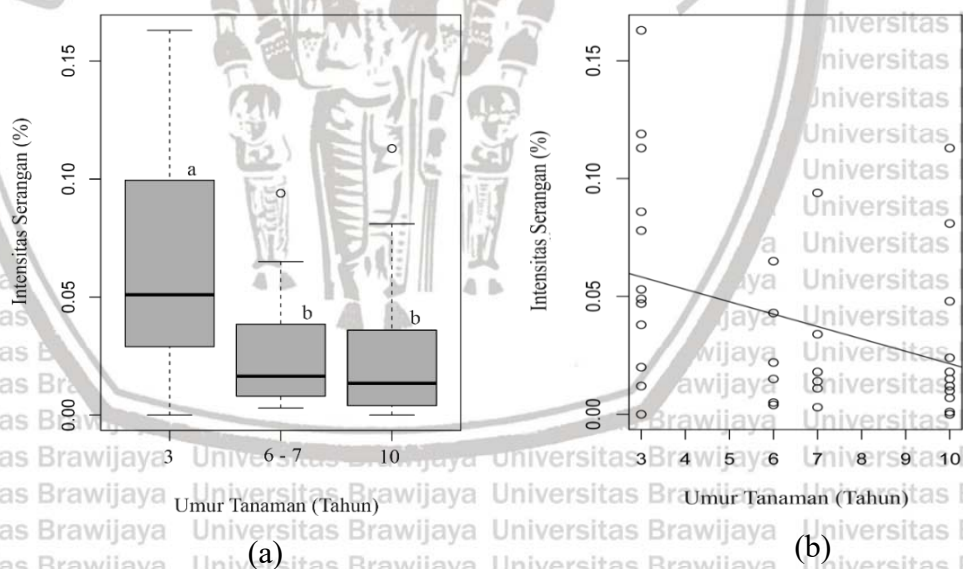
Kode	Lokasi	Kondisi Habitat							
		Umur (Tahun)	Varietas*	Tutupan Kanopi (%)	Suhu (°C)	RH (%)	Vegetasi (Spesies)	Perlakuan Sanitasi	Pestisida**
L01	AFD Badek	10	Klon	62,52	29	70	6	Ya	Sintetik
L02	Sambirejo	10	Lokal	69,71	27	80	10	Ya	-
L03	AFD Babadan	10	Bulk	79,10	25	90	7	Ya	Sintetik
L04	Kemloko 1	3	MCC 02	69,87	27	80	2	Ya	Sintetik
L05	Kemloko 2	3	MCC 02	67,13	28	70	4	Ya	-
L06	Sukodono	3	MCC 02	66,73	28	75	3	Tidak	Sintetik
L07	Sukowetan	3	MCC 02	60,59	28	75	5	Ya	Sintetik
L08	Modangan	6	ICCRI 1	63,35	28	75	11	Ya	Nabati
L09	Laharpang	7	Lokal	62,73	28	75	9	Tidak	Nabati
L10	AFD Pakelan	10	Klon	67,47	27	85	5	Ya	Sintetik
L11	Krenceng	7	MCC 02	78,70	26	85	4	Ya	Nabati
L12	Kademangan	6	Lokal	56,35	32	55	4	Ya	-

Keterangan: Varietas\*: Klon (PA 191, GC 29, BL 703), Pestisida\*\*: Sintetik (Emcindo 500, Bestox, Sipermetrin), -: Tanpa aplikasi pestisida

Berdasarkan hasil analisis, faktor umur tanaman kakao mempengaruhi intensitas serangan PBK, sedangkan perbedaan varietas tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK. Hasil analisis menunjukkan intensitas serangan PBK



pada umur tanaman kakao muda (3-5 tahun) berbeda nyata dengan intensitas serangan PBK pada umur tanaman kakao yang sedang (6-7 tahun) dan tua (10 tahun) ( $F_{2,33} = 3,82$ ;  $P = 0,032$ ) (Gambar 11a). Hasil analisis regresi menunjukkan adanya korelasi negatif antara umur tanaman dengan intensitas serangan PBK ( $P = 0,026$ ;  $R^2 = 0,112$ ) yaitu semakin tua umur tanaman semakin rendah intensitas serangan PBK (Gambar 11b). Umur tanaman yang berbeda mempengaruhi intensitas serangan PBK, hal ini dapat dikarenakan umur tanaman mempengaruhi produktivitas kakao. Menurut (Asrianingsih *et al.*, 2018) seiring bertambahnya umur tanaman, produktivitas kakao akan mengalami penurunan. Puncak produktivitas kakao berkisar umur 4-5 tahun dan dapat bertahan lebih jika pengelolannya baik (Supriatna, 2004). Produktivitas kakao mempengaruhi ketersediaan buah dilapang. Menurut Lim (1986) dalam Depparaba (2002) bahwa serangga PBK merupakan serangga homodinamik yaitu serangga yang bergantung pada ketersediaan buah dilapang. Tingginya populasi dan intensitas serangan hama PBK disebabkan melimpahnya ketersediaan buah di lapangan, sehingga dapat menyebabkan serangan berat (Syarkawi *et al.*, 2015).



Gambar 11. Boxplot, (a) perbedaan intensitas serangan PBK pada umur tanaman kakao, (b) Hubungan intensitas serangan PBK dengan umur tanaman. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.

Berbeda dengan umur tanaman kakao, varietas tanaman kakao menunjukkan tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK pada buah dan pohon di 12 lokasi perkebunan kakao yaitu ditunjukkan lokasi dengan jenis varietas yang



sama memiliki intensitas serangan yang berbeda dan lokasi dengan varietas yang berbeda juga memiliki intensitas serangan PBK yang sama (Tabel 3 dan Tabel 4).

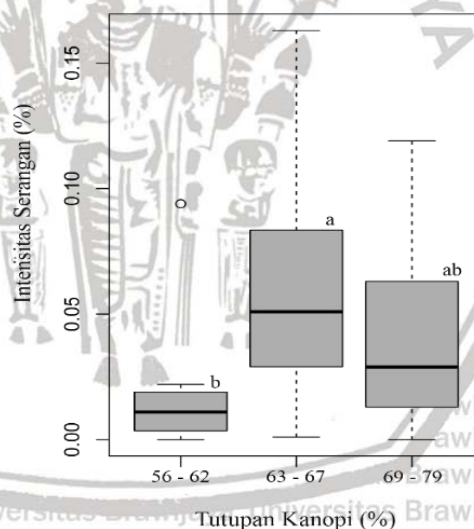
Hal ini diduga intensitas serangan PBK dipengaruhi oleh faktor lain yaitu karakter morfologis pada buah kakao. Menurut Martono (2013) intensitas serangan PBK dipengaruhi oleh karakter morfologis pada buah kakao. Karakter morfologis pada buah kakao dipengaruhi oleh faktor genetik dan faktor lingkungan (Mutmainah *et al.*, 2014). Menurut Wahyudi *et al.* (2008) faktor lingkungan berperan penting selama proses perkembangan buah yaitu bentuk buah, warna buah, ukuran buah. Faktor lingkungan yang dapat mempengaruhi perkembangan tanaman kakao yaitu suhu, kelembaban, dan curah hujan (Almeida dan Vale, 2008). Menurut Susilo (2007) karakteristik buah sangat menentukan respons ketahanan tanaman kakao terhadap PBK. Menurut Tjatjo *et al.* (2008), struktur permukaan kulit buah yang kasar memiliki intensitas serangan PBK yang lebih tinggi dibandingkan struktur permukaan kulit buah yang halus. Menurut Samsuddin (2014) struktur permukaan kulit buah kakao yang kasar disukai oleh imago betina untuk meletakkan telur. Hal ini dipertegas pernyataan dari Martono (2013) bahwa pada saat oviposisi PBK lebih menyukai buah dengan alur buah dalam agar telur dapat bertahan walaupun terkena air hujan atau angin, sedangkan telur pada buah yang beralur dangkal lebih mudah terlepas dari kulit buah jika terkena air hujan atau angin. Menurut hasil penelitian Limbongan (2012) karakter morfologis pada buah yang tahan PBK yaitu bentuk buah (elips dan oblong), kulit buah (tebal), permukaan kulit halus, buah berbentuk orbikuler dengan kontriksi basal tidak berlekuk serta apeks yang membulat.

Faktor kerapatan tutupan kanopi juga mempengaruhi intensitas serangan PBK. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan tutupan kanopi memiliki pengaruh terhadap intensitas serangan PBK ( $F_{2,33} = 3.986$ ;  $P = 0.028$ ). Intensitas serangan PBK pada kerapatan tutupan kanopi yang sedang (63%-67%) berbeda nyata dengan intensitas serangan PBK pada kerapatan tutupan kanopi yang jarang (56%-62%), sedangkan kerapatan tutupan kanopi yang rapat (69%-79%) tidak berbeda nyata dengan kerapatan tutupan kanopi yang jarang (56%-62%) dan sedang (63%-67%) (Gambar 12). Walaupun demikian, hasil analisis



regresi menunjukkan tidak adanya korelasi antara kerapatan tutupan kanopi dengan intensitas serangan PBK ( $P = 0,746$ ;  $R^2 = -0,026$ ).

Dalam penelitian ini, data suhu udara dan kelembaban udara tidak digunakan dalam analisis karena berkorelasi dengan kerapatan tutupan kanopi. Hasil analisis korelasi menunjukkan antara kerapatan tutupan kanopi dengan suhu udara berkorelasi negatif ( $P < 0,05$ ;  $r = -0,919$ ) dengan kelembaban udara berkorelasi positif ( $P < 0,05$ ;  $r = 0,876$ ) yang berarti semakin rapat tutupan kanopi maka kelembaban udara akan meningkat. Berdasarkan hasil analisis menunjukkan intensitas serangan PBK pada kerapatan tutupan kanopi yang sedang (63%-67%) berbeda nyata dengan intensitas serangan PBK pada kerapatan tutupan kanopi yang jarang (56%-62%), sedangkan kerapatan tutupan kanopi yang rapat (69%-79%) tidak berbeda nyata dengan kerapatan tutupan kanopi yang jarang (56%-62%) dan sedang (63%-67%) pada tingkat plot (Gambar 12). Hasil analisis regresi menunjukkan intensitas serangan PBK tidak berkorelasi dengan kerapatan tutupan kanopi ( $P = 0,746$ ;  $R^2 = -0,026$ ).



Gambar 12. Boxplot, perbedaan intensitas serangan PBK pada tutupan kanopi. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.

Peningkatan kerapatan tutupan kanopi berhubungan langsung dengan penurunan suhu dan peningkatan kelembaban, sehingga akan mempengaruhi PBK. Suhu akan mempengaruhi kelimpahan, fenologi, distribusi dan fisiologi serangga (Shi *et al.*, 2011). Hasil penelitian dari Thomson *et al.* (2010) menunjukkan bahwa populasi dan distribusi serangga fitofag (Lepidoptera) yang merupakan

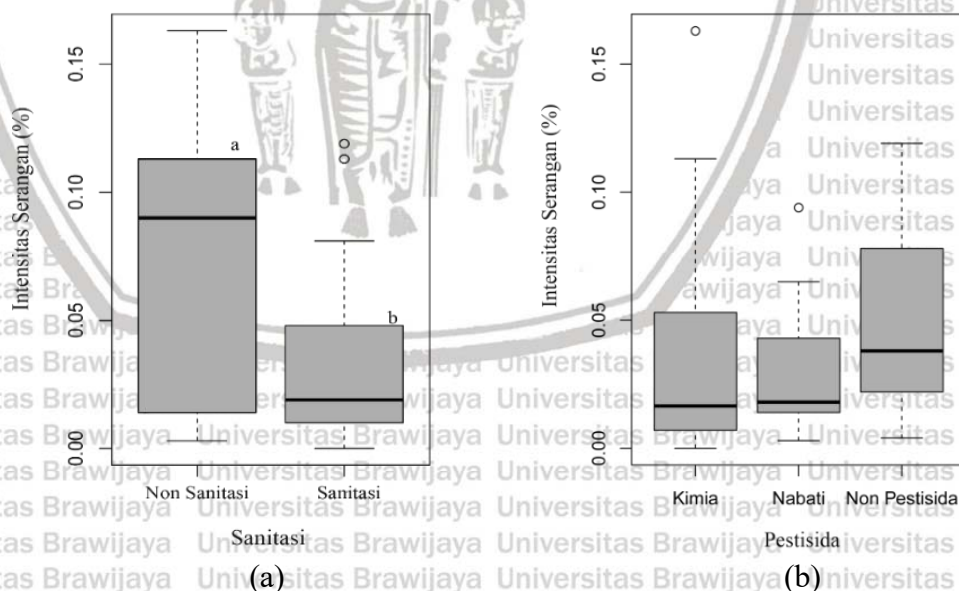


orodo dari PBK dipengaruhi oleh perubahan suhu. Menurut Syarkawi *et al.*, (2015) intensitas serangan PBK akan meningkat ketika kondisi naungan pada pertanaman kakao sangat rapat yaitu antara 80%-90%. Hal ini dipertegas pernyataan dari Baharudin *et al.*, (2004) bahwa kelembaban yang sesuai untuk perkembangan PBK merupakan kondisi pada tutupan kanopi yang berat yaitu 85%. Terlalu sedikit tutupan kanopi akan menurunkan kesehatan tanaman kakao yang akan menyebabkan daya pulih lambat apabila terserang PBK sehingga mempengaruhi produksi tanaman (Puslitkoka, 2014).

Kondisi habitat yaitu keanekaragaman vegetasi pada perkebunan kakao ternyata tidak memiliki hubungan dengan intensitas serangan PBK. Hasil analisis regresi antara keanekaragaman vegetasi gulma dengan PBK menunjukkan bahwa keanekaragaman vegetasi tidak berkorelasi dengan intensitas serangan PBK ( $P=0,316$ ;  $R^2 = 0,001$ ). Hasil identifikasi spesies vegetasi ditemukan paling banyak pada lokasi modangan yaitu 12 spesies vegetasi. Jumlah spesies vegetasi paling sedikit didapatkan pada lokasi Kemloko 1 dengan 2 spesies vegetasi. Vegetasi yang dominan dan banyak dijumpai pada 12 perkebunan kakao yaitu babandotan (*Ageratum conyzoides*), rumput ceker ayam (*Axonopus compressus*, dan tumpang air (*Peperomia pellucida*). Tidak adanya korelasi antara keanekaragaman vegetasi dengan intensitas serangan PBK diduga karena vegetasi bukan tanaman inang alternatif bagi PBK melainkan sebagai tempat sembunyi imago pada siang hari dan pada saat pupasi. Selain itu juga, dapat disebabkan dari kondisi lingkungan pada vegetasi diduga tidak mendukung aktivitas PBK. Tanaman inang alternatif dari PBK yaitu rambutan, mangga, srikaya, belimbing, jeruk dan nangka (Depparaba, 2002). Menurut Syarkawi *et al.* (2015) keberadaan vegetasi dapat mempengaruhi aktivitas PBK pada saat pupasi dan kemunculan imago dengan kelembaban tanah yang sesuai bagi aktivitas PBK terutama pupa yaitu berkisar 80-90%. Menurut hasil penelitian Samsudin (2014) keberadaan vegetasi, seresah, dan sisa-sisa kulit buah kakao dapat dijadikan sebagai tempat berlindung bagi hama PBK dari cahaya matahari. Sisa-sisa daun kering pada permukaan tanaman merupakan tempat yang paling disukai untuk pupasi PBK dengan persentase yaitu 68%, pada kulit buah mencapai 26%, dan pada vegetasi hanya mencapai 6% (Samsudin, 2014).



Faktor budidaya yaitu sanitasi mempengaruhi intensitas serangan PBK, sedangkan aplikasi pestisida tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK. Berdasarkan hasil analisis ragam menunjukkan bahwa perbedaan perlakuan sanitasi memiliki pengaruh terhadap intensitas serangan PBK ( $F_{1,34} = 7,624$ ;  $P = 0,009$ ) (Gambar 13a), sedangkan aplikasi pestisida yang berbeda tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK ( $F_{2,33} = 0,402$ ;  $P = 0,672$ ) (Gambar 13b). Perlakuan sanitasi yang berbeda mempengaruhi intensitas serangan PBK. Hal ini diduga perlakuan sanitasi mempengaruhi siklus hidup PBK dan populasi PBK. Menurut Samsudin (2014) melakukan sanitasi dengan cara membersihkan areal kebun dari kulit buah, vegetasi, ranting kering, daun-daun kering yang berada di sekitar tanaman akan menyebabkan lingkungan menjadi tidak sesuai untuk berkembangnya hama PBK. Perlakuan sanitasi dapat memutus siklus hidup PBK pada saat kepompong dan membunuh larva PBK yang terdapat pada kulit buah, sehingga populasi PBK dapat ditekan (Depparaba, 2002; Syatrawati dan Asmawati, 2015). Menurut hasil penelitian Lebe *et al.* (2008) pengendalian PBK dengan sanitasi kebun yang dibarengi pemupukan dapat meningkatkan hasil dari 650 kg/ha menjadi 900kg/ha dan dapat menurunkan persentase kerusakan biji sebesar 38,4% dan serangan sebesar 34,6%.



Gambar 13. Boxplot, (a) perbedaan intensitas serangan PBK pada sanitasi, (b) perbedaan intensitas serangan PBK pada pestisida. Boks yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak ada perbedaan yang nyata berdasarkan uji Tukey taraf 5%.



Berbeda dengan perlakuan sanitasi, aplikasi pestisida yang berbeda tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK. Akan tetapi, menurut Nurjanani *et al.* (2013) aplikasi pestisida nabati dan pestisida kimia sintetik berpengaruh terhadap persentase dan intensitas serangan PBK. Hal ini diduga penggunaan pestisida kimia sintetik dan nabati yang dilakukan oleh petani tidak sesuai. Penggunaan pestisida yang dilakukan oleh petani dilapang yaitu dilakukan penyemprotan pada pagi hari, sehingga intensitas serangan PBK tidak berbeda dengan lokasi yang tanpa menggunakan pestisida. Hama PBK merupakan hama nokturnal atau aktif pada malam hari, ketika pagi hari dan siang hari akan bersembunyi dari sinar matahari sehingga penggunaan pestisida pada pagi hari tidak efektif pada PBK (Samsudin, 2014). Selain itu, penggunaan pestisida kimia sintetik yang terus menerus akan menimbulkan dampak negatif yang lebih berat antara lain terjadi resistensi hama, matinya musuh alami, pencemaran lingkungan, dan ditolaknya produk akibat residu yang melebihi ambang toleransi (Nurjanani *et al.*, 2013).

Kandungan bahan aktif pestisida dapat mempengaruhi intensitas serangan PBK. Kandungan pestisida kimia sintetik yang digunakan oleh petani yaitu sipermetrin, sedangkan pestisida nabati yang digunakan oleh petani dalam menekan serangan PBK terdiri dari berbagai jenis tanaman yang secara empiris dikatakan efektif untuk suatu OPT, namun belum ditunjang dengan data ilmiah agar produk tersebut dapat terjamin mutu dan keamanannya. Menurut hasil penelitian Sulistyowati *et al.* (2007) penggunaan pestisida berbahan aktif ganda yaitu sipermetrin dan klorpirifos yang dapat mematikan larva PBK mencapai 56,27% - 71,47% dapat menekan kehilangan hasil sebesar 75,9% - 88,9%. Menurut Grainge dan Ahmed (1988) lebih dari seribu tanaman memiliki potensi sebagai pengendali hama tanaman. Menurut hasil penelitian Soesanthy dan Samsudin (2014), intensitas serangan PBK dan kehilangan hasil terendah didapatkan pada formula BMP (bandotan 5% + bawang putih 5%) dengan konsentrasi 10 ml/l menyebabkan intensitas serangan PBK dan kehilangan hasil terendah. Selain itu, formula BMP (bandotan 5% + bawang putih 5%) memiliki golongan senyawa saponin, alkaloid, flavonoid, triterpenoid, dan glikosida (Soesanthy dan Samsudin, 2014). Menurut Dadang dan Prijono (2008), senyawa-senyawa tersebut dapat mempengaruhi tingkah laku dan fisiologi serangga.



Senyawa saponin dapat mempengaruhi perilaku makan, pertumbuhan, dan bahkan membunuh serangga karena dapat menyebabkan hemolisis sel-sel darah merah (Soesanthy dan Samsudin, 2014). Selain itu, senyawa alkaloid dapat melindungi tanaman dari serangan hama (Dadang dan Priyono, 2008).

#### 4.3 Hubungan Kelimpahan Predator terhadap Intensitas Serangan PBK

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat empat spesies semut predator yaitu *Dolichoderus thoracicus*, *Technomyrmex albipes*, *Anoplolepis gracilipes*, dan *Oecophylla smaragdina*. *D. thoracicus* dan *T. albipes* dijumpai di seluruh lokasi pengamatan, sedangkan *A. gracilipes*, dan *O. smaragdina* hanya dijumpai pada beberapa lokasi pengamatan saja (Tabel 5). Kelimpahan dan keberadaan *D. thoracicus* tertinggi didapatkan pada lokasi perkebunan kakao di Kemloko 2, sedangkan terendah pada lokasi perkebunan kakao di AFD Pakelan (Tabel 5). Kelimpahan dan keberadaan *T. albipes* tertinggi didapatkan pada lokasi perkebunan kakao di Karang, sedangkan terendah pada lokasi perkebunan kakao di Kemloko 2 (Tabel 5).

Tabel 5. Rerata kelimpahan dan keberadaan (%) spesies semut predator pada 100 pohon di tiap lokasi pengamatan

Kode	Lokasi	<i>D. thoracicus</i>		<i>T. albipes</i>		<i>O. smaragdina</i>		<i>A. gracilipes</i>	
		Individu	%	Individu	%	Individu	%	Individu	%
L01	AFD Badek	141	26	211	50	96	24	0	0
L02	Sambirejo	193	38	313	68	0	0	0	0
L03	AFD Babatan	287	53	78	21	73	18	31	9
L04	Kemloko 1	246	41	136	34	0	0	0	0
L05	Kemloko 2	317	64	47	13	0	0	0	0
L06	Sukodono	185	39	242	61	0	0	0	0
L07	Karangan	200	46	346	54	0	0	0	0
L08	Modangan	263	46	223	40	0	0	0	0
L09	Laharpang	279	49	149	24	0	0	130	24
L10	AFD Pakelan	139	23	261	45	70	12	129	21
L11	Krenceng	278	53	82	15	0	0	0	0
L12	Kademangan	283	57	235	43	0	0	0	0

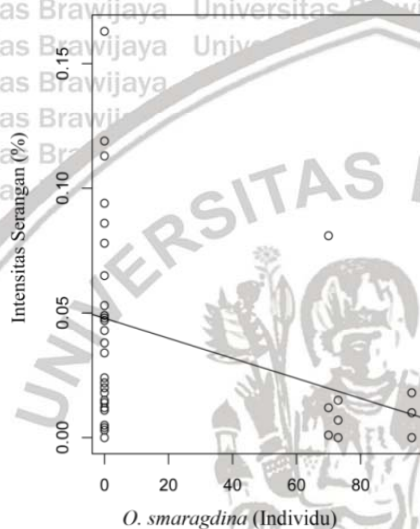
Hasil analisis regresi kelimpahan dan keberadaan *Dolichoderus thoracicus*, *Technomyrmex albipes*, dan *Anoplolepis gracilipes* tidak berkorelasi dengan intensitas serangan PBK (Tabel 6). Kelimpahan dan keberadaan *Oecophylla smaragdina* berkorelasi negatif dengan intensitas serangan PBK yang berarti semakin tinggi kelimpahan *Oecophylla smaragdina* maka semakin rendah



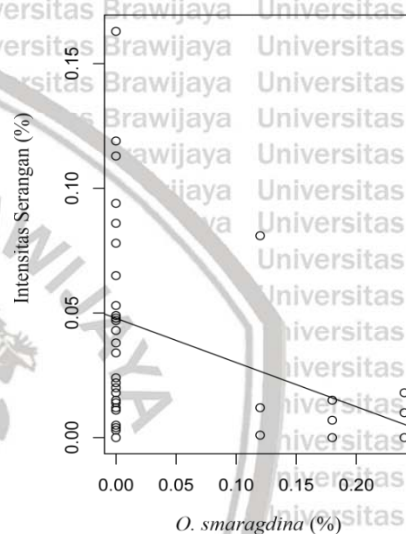
intensitas serangan PBK (Gambar 14). Hasil analisis regresi kelimpahan dan keberadaan semut predator disajikan dalam bentuk grafik plot (Gambar 14).

Tabel 6. Hasil analisis regresi hubungan kelimpahan dan keberadaan semut predator dengan intensitas serangan PBK

Spesies	Kelimpahan		Keberadaan	
	P	R <sup>2</sup>	P	R <sup>2</sup>
<i>D. thoracicus</i>	0,532	-0,017	0,507	-0,016
<i>T. albipes</i>	0,784	-0,027	0,141	0,034
<i>O. smaragdina</i>	0,039	0,093	0,033	0,100
<i>A. gracilipes</i>	0,538	-0,017	0,446	-0,011



(a)



(b)

Gambar 14. Hubungan (a) kelimpahan dan (b) keberadaan *O. smaragdina* dan intensitas serangan PBK

Semut predator PBK pada 100 pohon menunjukkan bahwa kelimpahan dan keberadaan *Dolichoderus thoracicus*, *Technomyrmex albipes*, *Anoplolepis gracilipes* tidak berkorelasi dengan intensitas serangan PBK, sedangkan pada semut predator *Oecophylla smaragdina* memiliki hubungan negatif dengan intensitas serangan PBK. Semut predator *D. thoracicus* ditemukan di seluruh lokasi perkebunan dan merupakan agens pengendali hayati yang cukup efektif dalam menekan serangan PBK. Menurut (Anshary dan Pasar, 2008) penggunaan semut *D. thoracicus* dapat menekan persentase serangan PBK mencapai 8,3%, kerusakan biji 42,95%, dan persentase penurunan berat biji 21,03%. Menurut Sulaiman (1977) *T. albipes* merupakan spesies yang memakan madu yang dihasilkan oleh kutu putih. *T. albipes* ditemukan pada buah kakao dengan



menyelubungi atau menutupi permukaan buah, sehingga keberadaan *T. albipes* dapat mengganggu imago PBK saat peletakan telur. *A. gracilipes* juga dikenal sebagai predator serangga kecil yang bersifat dominan dan invasif yaitu keberadaan mampu menekan populasi serangga lain, dan dapat berperan menjadi faktor pembatas serangga lain dalam lingkungan yang sama (Ikbal *et al.*, 2014; Hill *et al.*, 2003). Ketidak adanya korelasi antara kelimpahan dan keberadaan semut predator *D. thoracicus*, *T. albipes*, dan *A. gracilipes* dengan intensitas serangan PBK dapat dikarenakan penggunaan pestisida dalam pengendalian PBK.

Penggunaan pestisida yang tidak tepat sasaran akan mengakibatkan matinya serangga non target yaitu musuh alami. Pengendalian PBK yang dilakukan petani dilakukan pada pagi hari, sedangkan hama PBK merupakan hama nokturnal atau aktif pada malam hari, ketika pagi hari dan siang hari akan bersembunyi dari sinar matahari sehingga penggunaan pestisida tidak efektif pada PBK dan berdampak pada kelimpahan semut. Hal ini dikarenakan keberadaan semut yang berkeliaran pada buah atau tanaman kakao, sehingga dengan adanya penggunaan pestisida akan menyebabkan kelimpahan semut menjadi lebih sedikit dan kemampuan semut predator dalam mengendalikan hama menjadi tidak optimal. Penggunaan pestisida dapat mengganggu atau membahayakan serangga lain termasuk predator dari hama, sehingga kemampuan dalam mengatur populasi hama berkurang (Supriadi, 2013; Van Hamburg dan Guest, 1997). Menurut Nurjanani *et al.* (2013) penggunaan pestisida yang berkelanjutan atau terus menerus menyebabkan serangga predator akan mati. Selain itu, kelimpahan dan keberadaan semut dipengaruhi oleh kondisi habitat dan beberapa faktor pembatas yaitu habitat yang tidak mendukung untuk pembuatan sarang, sumber makanan, dan daerah jelajah yang kurang mendukung (Andersen, 2000).

Adanya korelasi negatif antara semut predator *O. smaragdina* dengan intensitas serangan PBK. Hal ini diduga semut predator *O. smaragdina* memiliki kemampuan aktivitas yang tinggi yaitu kemampuan menyebar dan mengendalikan hama PBK. Spesies *O. smaragdina* merupakan predator agresif yang dapat menempati banyak pohon (Snelling, 1999). Spesies *O. smaragdina* aktif mencari makanan dan mampu memangsa larva PBK yang akan membentuk pupa (Van dan Cuc, 2004). Menurut hasil penelitian Nuriadi (2011) spesies *O. smaragdina*



memiliki kemampuan menyebar yang tinggi dibandingkan spesies jenis semut hitam. Semut predator *O. smaragdina* mampu menyebar sejauh 30-37 tanaman, sedangkan semut jenis lainnya yaitu semut hitam hanya mampu menyebar pada 5-7 tanaman kakao (Nuriadi, 2011). Semut *O. smaragdina* memiliki aktivitas yang lebih tinggi dibandingkan semut lainnya, sehingga mampu menekan serangan PBK lebih rendah (Nuriadi, 2011). Menurut hasil penelitian Nuriadi (2011) intensitas buah terserang PBK yang diberi perlakuan *O. smaragdina* lebih rendah dibandingkan diberi perlakuan spesies semut hitam. Hal ini juga dipertegas hasil penelitian dari Gassa *et al.* (2014) yang menunjukkan bahwa tingkat predasi *O. smaragdina* terhadap pupa PBK sangat tinggi yaitu mencapai 33,3% dan pada saat prapupa mencapai 70,7%.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



## V. PENUTUP

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa intensitas serangan PBK pada 12 lokasi perkebunan kakao berbeda-beda. Kondisi habitat yaitu umur tanaman, presentase tutupan kanopi, dan sanitasi mempengaruhi intensitas serangan PBK, sedangkan varietas, aplikasi pestisida dan keanekaragaman vegetasi tidak mempengaruhi intensitas serangan PBK.

Terdapat empat spesies semut predator yang ditemukan di 12 lokasi perkebunan kakao dan hanya satu spesies semut predator yang berkorelasi dengan intensitas serangan PBK yaitu *O. smaragdina*.

### 5.2 Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut serangan PBK pada faktor yang berbeda yaitu cara budidaya (pemangkasan, jarak tanam), penggunaan lahan disekitar pekebunan kakao, musim yang berbeda yaitu musim kemarau dan musim penghujan, agar mendapatkan informasi yang lebih lengkap dan dapat dibandingkan. Selain itu juga, perlu dilakukan penelitian serangan PBK hingga panen agar mendapatkan informasi tingkat kerusakan biji yang disebabkan oleh PBK.



## DAFTAR PUSTAKA

- Almeida, A. F. D., dan Valle, R. R. 2008. Ecophysiology of The Cacao Tree. Braz. J. Plant Physiology. 19: 425–448.
- Altieri, M. A. 1999. The Ecological Role of Biodiversity in Agroecosystems. Agric Ecosys and Environ. 74: 19–31.
- Altieri, M. A. 2012. Insect Pest Management in the Agroecosystems of the Future. Anno LX. 40: 137-144.
- Andersen, A. N. 2000. Global Ecology of Rainforest Ants: Functional Groups in Relation to Environmental Stress and Disturbance. Dalam: Agosti, D., Majer, J. D., Alonso, L. E., Schultz, T. R., editor. Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity. Volume 3. Amerika Serikat (US): Smithsonian Inst.
- Anshary, A. 2009. Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) Teknik Pengendaliannya yang Ramah Lingkungan. J. Agroland. 16(4) : 258-264.
- Anshary, A., dan Pasaru, F. 2008. Teknik Perbanyakkan dan Aplikasi Predator *Dolichoderus thoracicus* (Smith) (Hymenoptera: Formicidae) untuk Pengendalian Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* (Snellen) di Perkebunan Rakyat. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Universitas Tadulako. Palu.
- Armaniar, Saleh, A., Wibowo, F. 2019. Penggunaan Semut Hitam dan Bokashi Dalam Peningkatan Resistensi dan Produksi Tanaman Kakao. Program Studi Agroekoteknologi. Universitas Pembangunan Panca Budi. Medan.
- Asrianingsih, Mamma S., dan Boer D. 2018. Pengaruh Letak Buah pada Berbagai Umur Tanaman Terhadap Mutu Kakao (*Theobroma cacao* L.). Program Studi Agronomi Program Pascasarjana. Universitas Halu Oleo. Kendari. J. Agronomi. 6(1) : 36-42
- Azhar, I., Jalil, N. S., N., dan Hasan S. T. S. 2004. Variation and Colony Strength and Local Foraging Pattern Of Cocoa Black Ant In Cocoa-Coconut Ecosystem. Proc. Incoped 3rd. International Seminar In Cocoa Pests and Diseases. Malaysia.
- Badan Pusat Statistik. 2018. Statistik Kakao Indonesia. Badan Pusat Statistik Indonesia. Jakarta.
- Baharudin, M. Alwi, M, S. Ruku, Syamsiar, dan Sahardi. 2004. Pengendalian Hama Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snell). Petunjuk Teknis Rakitan Teknologi. 30-42
- Bahri, A. M. S. 1996. Bercocok Tanam Tanaman Perkebunan Tahunan. Gajah Mada University. Yogyakarta.
- Bahri, A. M. S., Suntoro. 2002. Success Project in Southeast Sulawesi. Midterm Review Success Project. Makassar.



Bradley, J. D. 1986. Identity of the South-East Asian Cocoa Moth, *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracillariidae), with descriptions of three allied new species. *Bulletin of Entomological Research*. 76(1):41-51.

Centre for Agriculture and Bioscience International (CABI). 2019. Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/7017>. Diakses pada tanggal 14 Juni 2020.

Dadang, dan Prijono, D. 2008. Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan. Departemen Proteksi Tanaman. Bogor.

Depparaba, F. 2002. Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) dan Penanggulannya. *Jurnal Litbang Pertanian*. Jakarta.

Direktorat Jenderal Perkebunan. 2010. Pedoman Teknis Penanggulangan Hama Penggerek Buah Kakao di Indonesia. Jakarta: Departemen Pertanian.

Direktorat Jendral Bina Produksi Perkebunan. 2004. Arah Kebijakan Pengembangan Komoditas Kakao. Pusat Penelitian kopi dan kakao Indonesia. Yogyakarta.

Doan, T. T, Ngo, P. T., Rumpel, C., Nguyen, B. V., dan Jouquet, P. 2013. Interactions Between Compost, Vermicompost and Earthworms Influence Plant Growth and Yield: A one-year Greenhouse Experiment. *Scientia Horticulturae*. 148–154.

Ehler, L. E. 2006. Perspective Integrated Pest Management (IPM): Definition, Historical Development and Implementation, and The Other IPM. *Pest Management Science*. 62(9): 787–789.

Gassa, A., Abdullah, T., dan Junaid, M. 2014. Formulation of Artificial Diet to Increase Population Distribution and Aggressive Behavior of Weaver Ant (*Oecophylla smaragdina* F.) For Controlling Cocoa Pod Borer (*Conopomorpha Cramerella* Sn.). *Academic Research International*.

Grainge, M., dan Ahmed, S. S. 1988. *Handbook of Plants with Pest Control Properties*. John Wiley and Sons. New York.

Hase, B. 2009. Hama Penggerek Buah Kakao (PBK) dan Metode Pengendalian.

Hashimoto, Y., dan Rahman, H. 2003. Inventory and Collection Total Protocol or Understanding of Biodiversity. Sabah; Research and Education Component BBEC Programme.

Hill, M., Holm, K., Vel, T., Shah, N. J., Matyot, P. 2003. Impact of the introduced Yellow Crazy Ant *Anoplolepis gracilipes* on Bird Island. Seychelles. *Biodiversity and Conservation*. 12: 1969–1984.

Ikkbal, M., Putra, N. S., dan E. Martono. 2014. Keanekaragaman Semut Pada Ekosistem Tanaman Kakao Di Desa Banjaroya Kecamatan Kalibawang Yogyakarta. 18(2): 79-88.

International Cacao Organization (ICCO). 2011. *Quarterly Bulletin of Cocoa Statistics*, Vol: XXXVII (2).



Jouquet, P., Plumere, T., Doan, T. T., Rumpel, C., Duc, T. T., dan Orange, D. 2010. The Rehabilitation of Tropical Soils using Compost and Vermicompost is Affected by the Presence of Endogeic Earthworms. *Applied Soil Ecology*. 46: 125–133.

Karmawati, E., Mahmud, Z., Syakir, M., Ardana, I. K., Munarso, S. J., dan Rubiyo. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kakao*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Badan Litbang Pertanian.

La Daha, dan Ahdin, G. 2003. Weaver Ant, *Oecophylla smaragdina* as a Potential Biological Control of CPB in Sulawesi Cocoa Plantation. Technical Brain-Storming Meeting on Bio-control Technologies for Integrated Pest Management (IPM) of Cocoa. Makassar.

Lala, F., Syukur, M., dan Talanca, A. H. 2005. Kajian Kelayakan Rakitan Teknologi Pengendalian Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* Snell di daerah Tidore Kepulauan. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel. pp.178-186.

Lebe, I., Anshory, A., & Toana, M.H. (2008). Pengaruh pemupukan urea dan sanitasi terhadap intensitas serangan penggerek buah kakao *Conopomorpha cramerella* (Snellen) (Lepidoptera: Gracilariidae). *J. Agrisains*. 9(2): 81-88.

Lim, G. T. 1992. Kemungkinan Pembebasan Maluku Utara daripada Masalah Penggerek Buah Cokelat, *Acrocercops cramerella* Sn. *Menara Perkebunan*. 52: 57-64.

Lim, G.T, 1986. Seasonal Fluctuation of Cocoa Podborer *Conopomorpha cramerella* Sn. In Taiwan, Sabah Proc Int Conf P. Prot in the Tropics (Extended Abstracts) Malysian plant Prot. Soc. (MAPPS). Kuala Lumpur. Malaysia.

Limbongan, J. 2012. Karakteristik Morfologi dan Anatomis Klon Harapan Tahan Penggerek Buah Kakao Sebagai Sumber Bahan Tanam. *J. Litbang Pertanian*. 31(1): 14-20.

Lukito, A. M., Mulyono, Tetty, Y., Iswanto, H. 2004. *Panduan Lengkap Budidaya Kakao*. PT. Agromedia Pustaka. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.

Martono, B. 2013. Karakteristik Morfologi dan Kegiatan Plasma Nutfah Tanaman Kakao. Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar. Suka Bumi.

Maswadi. 2011. Agribisnis Kakao dan Produk Olahannya Berkaitan dengan Kebijakan Tarif Pajak di Indonesia. *J. Tek. Perkebunan dan PSDL*. 1(2), 23-30.

Mertade, N., dan Basri, Z. 2011. Pengaruh Diameter Pangkal Tangkai Daun pada Entres Terhadap Pertumbuhan Tunas Kakao. *Media Litbang Sulteng*.

Metcalf, R. I., dan Luckmann, W. H. 1994. *Introduction to Insect Pest Management*. University of Illinois at Urbana-Campaign. Urbana.



- Mulato, S., Widyotomo, S., Misnawi, S., dan Suharyanto, E. 2004. Petunjuk Teknis Pengolahan Produk Primer dan Sekunder Kakao. Bagian Proyek Penelitian dan Pengembangan Kopi dan Kakao. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. Jember.
- Mutmainah, M., Rifka, R., Muslimin, M., dan Suwastika, I. N. 2014. Variasi Morfologi Buah Beberapa Klon Kakao dari Perkebunan Rakyat Kecamatan Sigi Biromaru dan Palolo Sulawesi Tengah. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. 3(3).
- Nuriadi. 2011. Praktek Budidaya Kakao dan Prospek Pemanfaatan Semut Hitam dan Semut Rangrang untuk Pengendalian Hama Penggerek Buah Kakao di Kabupaten Kolaka, Provinsi Sulawesi Tenggara. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Nuryati, L., dan Yasin, A. 2016. Outlook Kakao. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Kementerian Pertrtanian. Jakarta.
- Prawoto, A. A. 2008. Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Purwaningsih, A., Mudjiono, G., dan Karindah, S. 2014. Pengaruh Pengelolaan Habitat Terhadap Serangan Penggerek Buah *Conopomorpha cramerella* dan Kepik *Helopeltis antonii* Pada Kakao.
- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao. 2014. Panduan Pelatihan Fasilitator Utama. Jember : Pusat Penelitian Kopi dan Kakao.
- R Core Team. 2020. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Austria.
- Rosmana, A., Shepard, B. M., Hebbar, P., dan Mustari, A. 2010. Control of Cocoa Pod Borer and *Phytophthora* Pod Rot Using Degradable Plastic Pod Sleeves and a Nematode *Steinernema carpocapsae*. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 11(2), 41-47.
- Rueden, C. T., Schindelin, J., dan Hiner, M. C. 2017. "ImageJ2: ImageJ for the Next Generation of Scientific Image Data", *BMC Bioinformatics*.
- Samsudin. 2014. Environmetally Friendly Technology Control Of Cocoa Pod Borers (*Conopomorpha cramerella* Snell.). Bunga Rampai: Inovasi Teknologi Bioindustri Kakao.
- Schmutterer, H. 1978. Pests in Tropical Crops. New York. 371-375.
- Schowalter, T. D. 1996. *Insect Ecology an Ecosystem Approach*. Academic Press. New York.
- See, Y. A., dan Khoo, K. C. 1996. Influence of *Dolichoderus thoracicus* (Hymenoptera: Formicidae) on Cocoa Pod Damage by *Conopomorpha cramerella* (Lepidoptera: Gracillariidae) in Malaysia. *Bulletin of Entomological Research*. 86: 467-474.
- Shi, P., Zhong, L., Sandhu, H. S., Ge, F., Xu, X., Chen, W. 2011. Population Decrease of *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) Under Climate Warming. 2: 58–64.



- Snelling, R. R. 1996. The Social Hymenoptera (Insecta) of Lakekamu. Natural History Museum of Los Angeles Country. Los Angeles, U.S.A. 1-2.
- Soesanthy, F., dan Samsudin, S. 2014. Pengaruh Beberapa Jenis Formula Insektisida Nabati untuk Melindungi Buah Kakao dari Serangan Penggerek.
- Sugianto, Y., Pangestningsih, Y., dan Oemry, S. 2013. Uji Efektifitas Beberapa Entomopatogen Pada Imago Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha Cramerella* Snellen (Lepidoptera: Gracillariidae) Di Laboratorium. J. Online Agroekoteknologi. 1(4): 1-11.
- Suherlina, Y., Yaherwandi, dan Efendi, S. 2020. Sebaran dan Tingkat Serangan Hama Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) Pada Lahan Bukaan Baru di Kabupaten Dharmasraya. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Andalas. Padang.
- Sulaiman, S. F. M. 1997. Impact of Weed Management on Ant Density and Fruit Yield in the Control of Pineapple Wilt Disease. *Acta Horticulturae*. 425: 475–484.
- Sulistyowati E. 1997. Pengaruh serangan hama penggerek buah kakao (PBK) terhadap mutu biji kakao. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*. 15: 29–36.
- Sulistyowati, E. 2003. Pengenalan Hama Utama, Teknik Pengamatan dan Pengendaliannya Pada Tanaman Kakao. Materi pelatihan: Teknik Budidaya dan Pengolahan Hasil Tanaman Kakao. Jember.
- Sulistyowati, E. 2014. Effectiveness of Sex Pheromon in Controlling Cocoa Pod Borer, *Conopomorpha cramerella* (Snell.) J. *Pelita Perkebunan*, 30(2): 115-122.
- Sulistyowati, E., Mufrihati, E., dan Wardani, S. 2007. Potensi Insektisida Berbahan Aktif Ganda Sipermetrin Plus Klorpirifos dalam Mengendalikan Penggerek Buah Kakao, *Conopomorpha cramerella* Snell. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao*. 23(3): 159-167.
- Supriadi. 2013. Optimalisasi Pemanfaatan Beragam Jenis Pestisida Untuk Mengendalikan Hama dan Penyakit Tanaman. *Jurnal Litbang Pertanian*. 32(1) : 1 – 9.
- Supriatna, A. 2004. Kinerja Usahatani Kakao Rakyat Sebelum dan Sesudah Krisis Ekonomi (Studi Kasus di Provinsi Sulawesi Selatan). *Icaserd Working Paper* 44.
- Suradji. 2003. *Dasar-dasar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Penebar Swadaya. Depok.
- Susilo, A. W. (2007). Akselerasi Program Pemuliaan Kakao (*Theobroma cacao* L.) Melalui Pemanfaatan Penanda Molekuler Dalam Proses Seleksi. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. 23(1): 11-24.
- Suwitra, I. K., Mamesah, D., dan Ahdar. 2010. Pengendalian Hama Penggerek Buah Kakao *Conopomorpha cramerella* dengan Metode Sarungisasi pada Ukuran Buah Kakao yang Berbeda. *Seminar Regional Inovasi Teknologi*



- Pertanian, mendukung program Pertanian Propinsi Sulawesi Utara. 165-174.
- Syarkawi, Husni, Sayuthi, M. Pengaruh Tinggi Tempat Terhadap Tingkat Serangan Hama Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) di Kabupaten Pidie. Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Syatrawati, S., dan Asmawati, A. 2017. Tingkat Serangan Hama Penggerek Buah Kakao (*Conopomorpha cramerella* Snellen) pada Lima Klon Kakao Lokal. *Agroplanta: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya dan Pengelolaan Tanaman Pertanian dan Perkebunan*. 6(1): 25-29.
- Thomson, L. J., Macfadyen, S., dan Hoffmann, A. A. 2010. Predicting the Effects of Climate Change on Natural Enemies of Agricultural Pests. *Biological Control*. 52: 296–306.
- Tjahjo, A. A., Baharuddin, dan Asrul, L. 2008. Keragaman Morfologi Buah Kakao Harapan Tahan Hama Penggerek Buah Kakao di Sulawesi Selatan dan Sulawesi Barat. *Jurnal Agrisistem*. 4(1): 37-43.
- Tjitrosoepomo, G. 1988. Taksonomi Tumbuhan (*Spermathophyta*). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada.
- Van, H. H., Guest, P. J. 1997. The impact of insecticides on beneficial arthropods in cotton agroecosystems in South Africa. *Arch Environ Contam Toxicol*. 32: 63-68.
- Van, M. P., dan Cuc N. T. T. 2004. Semut Sahabat Petani. Rahayu, S., penerjemah. CABI Bioscience. Terjemahan dari : *Ants as Friends : Improving your Tree Crops with Weaver Ants*.
- Vijaysegaran, S. 1997. Fruit Fly Research and Development in Tropical Asia. Horticultural Research Center Kuala Lumpur. Malaysia.
- Wahyudi, T., Panggabean, T. R., dan Pujiyanto. 2008. Panduan Lengkap Kakao: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Waisanjani, W. 2011. Efektivitas Ekstrak Daun Suren (*Toona sureni*) dan Daun Tithonia (*Tithonia diversifolia*) dalam Pengendalian Hama Kakao. Program Studi Agronomi, Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Wardojo, S. 1994. Strategi Pengendalian Hama Penggerek Buah Kakao (PBK) di Indonesia. Paper presented at Gelar Teknologi dan Pertemuan Regional Pengendalian PBK. Kabupaten Polmas Sulawesi Selatan.
- Widiarta, I. N., Kusdianan, D., dan Suprihanto. 2006. Keragaman Arthropoda pada Padi Sawah dengan Pengelolaan Tanaman Terpadu. *J. HPT Tropika*. 6(2): 61-69.
- Wiradiputra. 1996. Hama Penggerek Buah Kakao Kendala Utama.
- Wood, G. A. R., dan Lass R. A. 1985. Cacao, 4th. Ed. New York: Longman Group
- Xu, Z., dan Deng, M. 2017. Identification and Control of Common Weeds: Volume 1. Dordrecht: Springer.



Xu, Z., dan Deng, M. 2017. Identification and Control of Common Weeds: Volume 2. Dordrecht: Springer.

Xu, Z., dan Deng, M. 2017. Identification and Control of Common Weeds: Volume 3. Singapore: Springer.







LAMPIRAN





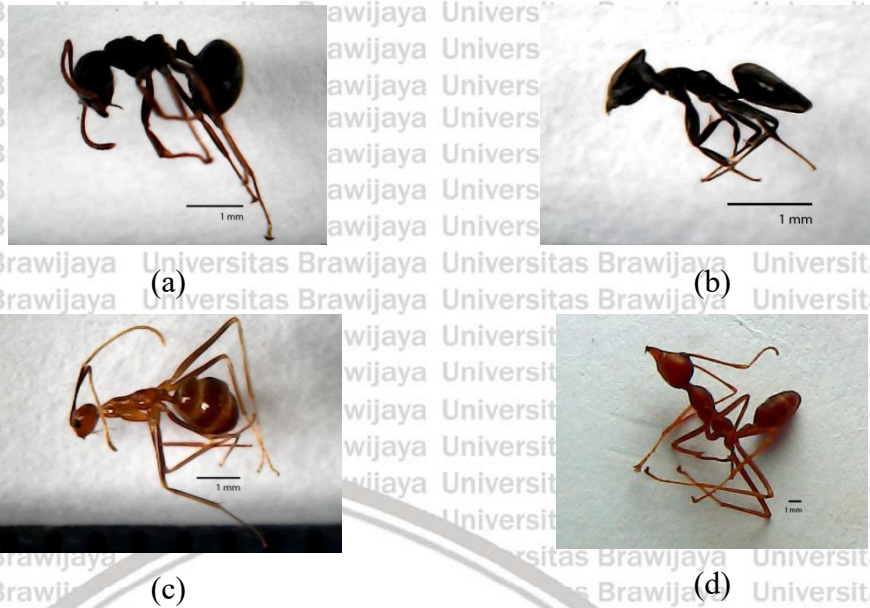
Lampiran Gambar 1. Kondisi Lokasi Pengamatan (a) AFD Badek, (b) Wonosalam, (c) AFD Babadan, (d) Kemloko 1, (e) Kemloko 2, (f) Sukodono, (g) Karang, (h) Modangan, (i) Laharpan, (j) AFD Pakelan, (k) Krenceng, (l) Kademangan.



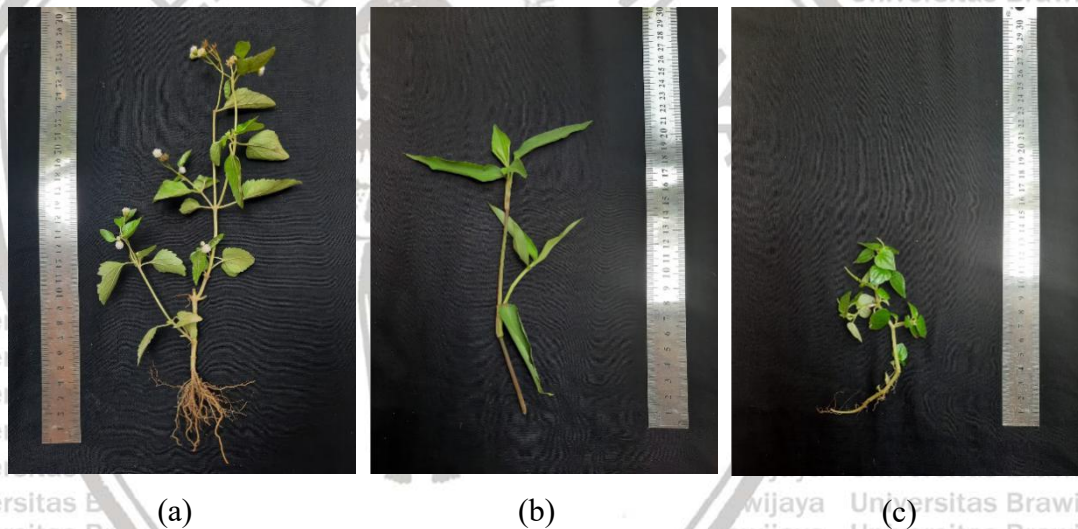


Lampiran Gambar 2. Dokumentasi Tutupan Kanopi, (a) Lahan Modangan, (b) Lahan Kemloko 2, (c) Lahan Kemloko 1, (d) Lahan Sukodono, (e) Lahan Sambirejo, (f) Lahan Sukowetan, (g) Lahan AFB Badek, (h) Lahan Pakelan, (i) AFD Babadan, (j) Lahan Laharpang, (k) Lahan Krenceng, (l) Kademangan.





Lampiran Gambar 3. Spesies Semut Predator Pada 12 Lokasi Pengamatan, (a) *Dolichoderus thoracicus*, (b) *Technomyrmex albipes*, (c) *Anoplolepis gracilipes*, (d) *Oecophylla smaragdina*



Lampiran Gambar 4. Spesies Dominan Vegetasi Pada 12 Lokasi Pengamatan, (a) Babandotan (*Ageratum conyzoides*), (b) Rumput pahit (*Axonopus Compresus*), (c) Tumpang air (*Peperomia pellucida*).

Tabel Lampiran 1. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada 12 Lokasi

SK	Db	JK	KT	F	P
Lokasi	11	0,0382	0,003473	3,876	0,00267 **
Galat	24	0,0215	0,000896		

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001



Tabel Lampiran 2. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK berdasarkan pohon yang terserang pada 12 Lokasi

	SK	Db	JK	KT	F	P
Lokasi	11	5932	539,3	3,354	0,00637 **	
Galat	24	3859	160,8			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 3. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada buah berdasarkan waktu pengamatan

	SK	Db	JK	KT	F	P
Lokasi	11	0,03820	0,003473	4,628	0,0011 ***	
Bulan	2	0,00500	0,002498	3,329	0,0546	
Galat	22	0,01651	0,000750			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 4. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada pohon berdasarkan waktu pengamatan

	SK	Db	JK	KT	F	P
Lokasi	11	5932	539,3	3,865	0,00338 ***	
Bulan	2	789	394,3	2,826	0,08086	
Galat	22	3070	139,5			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 5. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Umur Tanaman

	SK	Db	JK	KT	F	P
Umur	2	0,01123	0,005613	3,82	0,0322 *	
Galat	33	0,04848	0,001469			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 6. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Kerapatan Tutupan Kanopi

	SK	Db	JK	KT	F	P
Kanopi	2	0,01162	0,005809	3,986	0,0281 *	
Galat	33	0,04809	0,001457			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 7. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada Sanitasi

	SK	Db	JK	KT	F	P
Sanitasi	1	0,01094	0,010936	7,624	0,00922 **	
Galat	34	0,04877	0,001434			

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001



Tabel Lampiran 8. Hasil Analisis Ragam Intensitas Serangan PBK pada aplikasi pestisida

SK	Db	JK	KT	F	P
Pestisida	2	0,00142	0,0007105	0,402	0,672
Galat	33	0,05828	0,0017662		

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 9. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kerapatanutupan Kanopi Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,0163687	0,0723562	0,226	0,822	-0,026
Kanopi	0,0003505	0,0010746	0,326	0,746	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 10. Hasil Analisis Regresi Hubungan Umur Tanaman Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,074035	0,016048	4,613	5,42e-05 ***	0,112
Umur	-0,005258	0,002258	-2,328	0,026 *	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 11. Hasil Analisis Regresi Hubungan Spesies Vegetasi Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,054799	0,016214	3,380	0,00184 **	0,001
Vegetasi	-0,002561	0,002517	-1,017	0,31615	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 12. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan *Dolichoderus thoracicus* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,05782	0,02772	2,086	0,0445 *	-0,016
<i>D. thoracicus</i>	-0,04028	0,06019	-0,669	0,5079	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 13. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan *Technomyrmex albipes* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,01677	0,01676	1,001	0,324	0,034
<i>T. albipes</i>	0,05921	0,03932	1,506	0,141	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001



Tabel Lampiran 14. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan *Anoplolepis gracilipes* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,042706	0,007846	5,443	4,57e-06 ***	-0,011
<i>A. Gracilipes</i>	-0,063216	0,082027	-0,771	0,446	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 15. Hasil Analisis Regresi Hubungan Keberadaan *Oecophylla smaragdina* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,047841	0,007452	6,42	2,46e-07 ***	0,100
<i>O. smaragdina</i>	-0,177341	0,079891	-2,22	0,0332 *	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 16. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan *Dolichoderus thoracicus* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,0576401	0,0290306	1,985	0,0552	-0,017
<i>D. thoracicus</i>	-0,0000759	0,0001203	-0,631	0,5324	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 17. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan *Technomyrmex albipes* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	3,577e-02	1,637e-02	2,186	0,0358 *	-0,027
<i>T. albipes</i>	2,112e-05	7,647e-05	0,276	0,7840	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 18. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan *Anoplolepis gracilipes* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	4,204e-02	7,780e-03	5,404	1,14e-05 ***	-0,017
<i>A. gracilipes</i>	-9,022e-05	1,451e-04	-0,622	0,538	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 19. Hasil Analisis Regresi Hubungan Kelimpahan *Oecophylla smaragdina* Terhadap Intensitas Serangan PBK

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R <sup>2</sup>
(Intercept)	0,0478660	0,0075426	6,346	3,07e-07 ***	0,093
<i>O. smaragdina</i>	-0,0004019	0,0001874	-2,145	0,0392 *	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001



Tabel Lampiran 20. Hasil Analisis Korelasi Hubungan Kerapatan Tutupan Kanopi Terhadap Suhu Udara

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R
(Intercept)	162,0226	12,8410	12,618	1,82e-07***	-0,9198
Suhu udara	-3,4030	0,4591	-7,413	2,28e-05***	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 21. Hasil Analisis Korelasi Hubungan Kerapatan Tutupan Kanopi Terhadap Kelembaban Udara

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )	R
(Intercept)	20,5841	8,1434	2,528	0,029988 *	0,8760
Kelembaban	0,6157	0,1072	5,745	0,000186***	

\* Keterangan: \* = 0,05; \*\* = 0,01; \*\*\* = 0,001

Tabel Lampiran 22. Perhitungan Intensitas Serangan PBK per Ha

Kode	Lokasi	Luas Plot (m <sup>2</sup> )	Intensitas Serangan PBK			
			Buah /Plot (%)	Pohon /Plot (%)	Buah /Ha (%)	Pohon /Ha (%)
L01	AFD Badek	1200	0,009	4	0,08	0,48
L02	Sambirejo	1200	0,062	26	0,52	3,12
L03	AFD Babadan	1200	0,007	2	0,06	0,24
L04	Kemloko 1	1200	0,078	48	0,65	5,76
L05	Kemloko 2	1200	0,050	15	0,42	1,80
L06	Sukodono	1200	0,121	17	1,01	2,04
L07	Sukowetan	1200	0,011	1	0,09	0,12
L08	Modangan	1200	0,041	25	0,34	3,00
L09	Laharpang	1200	0,037	17	0,31	2,04
L10	AFD Pakelan	1200	0,031	11	0,26	1,32
L11	Krenceng	1200	0,021	12	0,18	1,44
L12	Kademangan	1200	0,010	3	0,08	0,36



Tabel Lampiran 23. Perhitungan Tutupan Kanopi

Kode	Lokasi	Foto 1 (%)	Foto 2 (%)	Foto 3 (%)	Rata-rata (%)
L01	AFD Badek	67,57	63,97	56,03	62,52
L02	Sambirejo	75,90	64,70	68,54	69,71
L03	AFD Babadan	82,13	73,39	81,79	79,10
L04	Kemloko 1	61,58	76,24	71,78	69,87
L05	Kemloko 2	54,70	83,12	63,57	67,13
L06	Sukodono	62,77	71,60	65,81	66,73
L07	Sukowetan	73,15	65,52	43,11	60,59
L08	Modangan	68,56	57,39	64,11	63,35
L09	Laharpang	43,80	78,28	66,11	62,73
L10	AFD Pakelan	67,70	70,08	64,62	67,47
L11	Krenceng	76,63	79,10	80,37	78,70
L12	Kademangan	61,87	40,92	66,27	56,35

Tabel Lampiran 24. Hasil Pengukuran Suhu Udara dan Kelembaban Udara

Kode	Lokasi	Suhu Udara (°C)				Kelembaban Udara (%)			
		08.00	10.00	13.00	Rerata	08.00	10.00	13.00	Rerata
L01	AFD Badek	28	29	30	29	72	70	68	70
L02	Sambirejo	25	28	28	27	90	75	75	80
L03	AFD Babadan	23	27	25	25	95	90	85	90
L04	Kemloko 1	26	28	27	27	83	76	81	80
L05	Kemloko 2	27	27	30	28	72	72	66	70
L06	Sukodono	26	28	30	28	83	74	68	75
L07	Sukowetan	27	32	31	30	68	62	65	65
L08	Modangan	26	29	29	28	83	70	72	75
L09	Laharpang	25	30	29	28	85	68	72	75
L10	AFD Pakelan	27	28	26	27	85	80	90	85
L11	Krenceng	25	27	26	26	90	80	85	85
L12	Kademangan	31	33	32	32	60	50	55	55



Tabel Lampiran 25. Hasil Perhitungan Kelimpahan Semut Predator

Kode	Lokasi	<i>D. thoracicus</i>	<i>T. albipes</i>	<i>O. smaragdina</i>	<i>A. gracilipes</i>
L01	AFD Badek	423	633	288	0
L02	Sambirejo	579	939	0	0
L03	AFD Babadan	861	234	219	93
L04	Kemloko 1	738	408	0	0
L05	Kemloko 2	951	141	0	0
L06	Sukodono	555	726	0	0
L07	Sukowetan	600	1038	0	0
L08	Modangan	789	669	0	0
L09	Laharpang	837	447	0	390
L10	AFD Pakelan	417	783	210	387
L11	Krenceng	834	246	0	0
L12	Kademangan	849	705	0	0

Tabel Lampiran 26. Hasil Identifikasi Vegetasi Gulma

Nama spesies	Lokasi											
	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)
<i>Acalypha indica</i>	-	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-
<i>Acmella uliginosa</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Ageratum conyzoides</i>	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
<i>Amorphophallus paeoniifolius</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Axonopus compressus</i>	+	+	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
<i>Colocasia esculenta</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Commelina benghalensis</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+
<i>Crassocephalum crepidioides</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Cyperus kyllingia L.</i>	-	-	-	-	-	+	-	+	+	+	+	+
<i>Drymaria cordata Willd</i>	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-	-	+
<i>Dryopteris sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Eclipta prostrata</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Eleusine indica</i>	-	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Eragrostis sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	+	+
<i>Euphorbia hirta L.</i>	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Fimbristylis argentea (Rottb.)</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Heliotropium indicum L.</i>	+	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Laportea interrupta</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Mimosa pudica L.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Oxalis barrelieri L.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Oxalis corniculata L.</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Peperomia pellucida</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phyllanthus urinaria</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Setaria barbata</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Syngonium sp.</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
<i>Talinum fruticosum</i>	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

\*Keterangan: (a) Modangan, (b) Kemloko 1, (c) Kemloko 2, (d) Krenceng, (e) Kademangan, (f) Sukowetan, (g) Sukodono, (h) AFD Babadan, (i) AFD Badek, (j) AFD Pakelan, (k) Laharpang, (l) Sambirejo



