LAPORAN AKHIR
PROGRAM INSENTIF RISET TERAPAN

AUGMENTASI DAN KONSERVASI KEANEKARAGAMAN PARASITOID : ANALISIS EKOLOGI AGROEKOSISTEM UNTUK MENUNJANG PERTANIAN KEDELAI BERKELANJUTAN

PENELITI UTAMA:

Dr. Damayanti Buchori

DEPARTEMEN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
Jl. Kamper Kampus IPB Darmaga Bogor, 16680 Telp. (0251)420980,
faksmail (0251)420980, E-mail : hpt@ipb.ac.id
6 November 2007

LAPORAN AKHIR PENELITIAN INSENTIF:

LEMBAR IDENTITAS DAN PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR HASIL PENELITIAN INSENTIF BIDANG KETAHANAN PANGAN

A. Judul Penelitian : Augmentasi dan Konservasi Keanekaragaman Parasitoid : Analisis Ekologi Agroekosistem untuk Menunjang Pertanian Kedelai Berkelanjutan

B. Ketua Peneliti :
- a. Nama Lengkap dan Gelar : Dr. Damayanti Buchori, M.Sc
- b. Jenis Kelamin : P
- c. Pangkat/Gol/NIP : Penata Tk.1/IIId/131 612 471
- d. Bidang Keahlian : Ekologi-Evolusi Serangga
- e. Fakultas/Departemen : Pertanian/Proteksi Tanaman
- f. Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor

C. Tim Peneliti

Nama	Bidang Keahlian	Fakultas/Dept.	Perguruan Tinggi
1. Dr. Nurindah	Taksonomi, Ekologi Serangga	Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang	

D. Pendanaan dan Jangka Waktu penelitian : 3 Tahun
Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 3 Tahun
Biaya total yang diusulkan : Rp. 285.000.000,00
Biaya yang disetujui tahun I : Rp. 95.000.000,00

Bogor,
Ketua Pelaksana,

Mengetahui
Wakil Kepala LPPM IPB,

Dr. Ir. Aunuddin, M.Sc
NIP. 131 354 141

Dr. Damayanti Buchori, M.Sc
NIP. 131 612 471

DAFTAR ISI

RINGKASAN

Pengendalian hayati dengan memanfaatkan parasitoid menawarkan solusi yang diharapkan mampu mengamankan ekosistem dari kerusakan dan dapat menjembatani terwujudnya pertanian berkelanjutan. Augmentasi sebagai ujung tombak pengendalian hayati telah banyak dilakukan, namun umumnya kegiatan tersebut lebih menekankan pada efikasi parasitoid di lapang, dan kurang memperhitungkan proses-proses ekologi dalam agroekosistem. Tujuan penelitian ini adalah untuk mencari dan mengembangkan model augmentasi yang tepat untuk pengendalian hayati pada pertanaman kedelai dengan informasi agroekologi sebagai basisnya. Penelitian ini juga akan melihat berbagai bentuk pengelolaan agroekosistem yang mampu mempertahankan dan melestarikan parasitoid.

Penelitian ini terbagi dalam tiga tahun penelitian. Pada tahun pertama ini, penelitian dikonsentrasikan untuk mengkaji pengaruh keanekaragaman spesies parasitoid (*biodiversity effects*) dalam augmentasi terhadap jumlah inang terparasit. Beberapa tahapan yang dilakukan untuk tahun pertama ini adalah (1) pembiakan serangga inang, (2) ekplorasi dan koleksi parasitoid, (3) identifikasi, (4) pembiakan parasitoid, (5) uji *biodiversity effect*. Pada pengujian *biodiversity effects*, digunakan tiga spesies parasitoid telur dari Trichogrammatidae, yaitu *Trichogrammatoidea armigera* (diperoleh dari koleksi di Bogor, *Trichogrammatoidea cojuancoi*, dan *Trichogramma chilotraeae* (diperoleh dari koleksi di Malang). Pengujian dilakukan dengan melepas 1000 ekor parasitoid pada pertanaman kedelai dalam kurungan kasa 2 x2 x2 m^3 . Tiga perlakuan yang diuji adalah (1) kontrol (tidak ada parasitoid yang dimasukkan dalam kurungan), (2) kekayaan spesies rendah (hanya satu spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan), (3) kekayaan spesies sedang (2 spesies), (4) kekayaan spesies tinggi (3 spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan). Pelepasan parasitoid dilakukan dalam tiga kali.

Hasil penelitian memperlihatkan sebagian besar telur perangkap yang dilepas di lapangan dimakan oleh predator, bahkan hingga mencapai angka 90-100%. Jumlah telur perangkap yang dipaparkan di lapangan berkurang sangat

berbeda antara pelepasan pertama, ke-dua, dan ke-tiga. Telur-telur yang dipaparkan pada daun pada pelepasan pertama lebih banyak dimakan oleh predator dibandingkan pada pelepasan ke-dua dan ke-tiga yang ditempelkan pada polong. Perlakuan Vacum pada pelepasan ke-tiga untuk mengurangi predator ternyata tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada pengurangan jumlah telur yang dimakan predator dibandingkan pada pelepasan ke-dua. Fenomena ini mengindikasikan bahwa komponen agroekosistem juga bekerja untuk mengendalikan populasi serangga inang di lapangan, misalnya predator.

Jumlah telur inang yang tersedia di lapangan (tidak dimakan predator) berkorelasi positif dengan parasitisasi baik pada pelepasan. Parasitisasi meningkat dengan meningkatnya kepadatan inang yang tersedia bagi parasitoid (tanggap fungsional). Secara keseluruhan, rata-rata persentase parasitisasi di lapangan berkisar dari 0 hingga 50% pada inang *C cephalonica*, sedangkan pada inang *H armigera*, persentase parasitisasi dapat mencapai 80%. Hasil ini semakin meyakinkan potensi parasitoid telur untuk mengendalikan populasi *H. armigera* di lapangan. Dalam kaitannya dengan nisbah kelamin, secara umum terlihat bahwa jumlah keturunan jantan relatif lebih banyak dibandingkan dengan jumlah betina. Pada perlakuan kombinasi jenis parasitoid (*biodiversity effect)* tidak secara sinergi menaikkan persentase parasitisasi, bahkan pada beberapa kasus yang terjadi justru penurunan persentase parasitisasi. Hasil ini memperkuat hipotesis bahwa keanekaragaman jenis musuh alami tidak selalu berkorelasi dengan tingginya penekanan populasi hama di lapangan. Sebaliknya karakter yang menentukan identitas parasitoidlah yang seharusnya juga dipertimbangkan dalam pengembangan pengendalian hayati. Pada percobaan tersebut tampak bahwa parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* mendominasi ekosistem dengan memarasit lebih banyak telur perangkap dibandingkan spesies uji lainnya. Rendahnya tingkat parasitisasi pada perlakukan keanekaragaman parasitoid yang tinggi diduga terkait dengan fenomena **kompetisi interspesifik** dimana keberadaan spesies tertentu dalam relung yang sama justru tidak dinginkan oleh spesies lain, sehingga proses sinergi justru tidak terjadi.

Berdasarkan hasil penelitian tahun ke-pertama diketahui bahwa pelepasan kenakeragaman jenis parasitoid justru menurunkan persentase parasitisasi. Kompetisi interspesifik baik dalam konteks ruang, makanan dan mungkin melibatkan interaksi kimia diduga menyebabkan menurunnya parasitisasi. Namun demikian dalam penelitian tersebut, percobaan dilakukan di lapangan yang dikondisikan secara alami, sehingga banyak sekali faktor lingkungan yang terlibat dalam pengendalian hayati. Untuk memperkuat hasil penelitian dan hipotesis yang dihasilkan dari tahun I, pada tahun ke-2 akan ditambahkan kegiatan laboratorium untuk melihat lebih jauh *biodiversity effects* dengan meniadakan faktor lingkungan dan sekaligus untuk mempelajari pola interaksi yang terjadi antar ketiga spesies yang diuji. Inti dari kegiatan tahun ke-2 adalah untuk melanjutkan langkah berikutnya dalam kerangka membangun model augmentasi yang tepat, yaitu menguji kuantitas parasitoid yang akan dilepaskan untuk augmentasi dan melihat mekanisme pemencarannya.

SUMMARY

Biological control by using parasitoid offers a glimer of hope for pest control program that is expected to be able to conserve ecosystem and at the same time promotes sustainable agriculture. Augmentation as a method of biological control has been widely applied. However, most of it only focuses on how parasitoid work to control pest population without considering ecological processes in ecosystem. The aim of the research is to develop an appropriate model of augmentation for biological control in soybean plantation based on information of agroecology. The research also look at posible appropriate agroecosystem management that is capable of maintaining parasitoid.

The research is consisted of three years research series. In the first year, research concentrated on studying biodiversity effects of parasitoid in augmentation. Several steps that have been established are (1) host mass rearing, (2) parasitoid collection and exploration, (3) parasitoid identification, (4)

parasitoid mass rearing, (5) examination of *biodiversity effect*. In examination of *biodiversity effects*, there were three species of egg parasitoid of Trichogrammatidae: *Trichogrammatoidea armigera* (collected from Bogor, *Trichogrammatoidea cojuancoi*, and *Trichogramma chilotraeae* (collected from Malang). Examination was conducted by releasing 1000 individuals parasitoid in soybean plantation that is plotted into small plots and each plot was covered by cage made from kasa 2 x2 x2 m^3 . Three threatments were examined are (1) control (no parasitoid released), (2) low species density (one species in each cage), (3) midle species density (two different species in each cage, (4) high species density (three species of parasitoid were release inside a cage). Parasitoid release was conducted three times.

Results showed that a lot of trapped eggs were preyed by pradators, and the number achived 90-100%. Number of preyed eggs was sginificantly different betweet first release, second, and third. Number of trapped eggs attached in leaves that were preyed by predator was higher than in soybean seeds. Vacum threatment to remove pradators did not work to decrease predation. This data indicated that component of agroecosystem works to control pest population living in it.

Number of host eggs available for parasitization (escape from predation) was significantly correlated with parasitization in most of all threatment.. Parasitization increases with increasing host density available for parasitoid (functional response). Overall, mean of parasitization percentage range from 0 to 50 % in *C cephalonica*, and in *H armigera*, parasitization reached 80%. This findings convinced that egg parasitoid of Trichogramma is very effective in controlling population of *H. armigera* in the field. In relation to sex ratio, number of male progeny was found to be higher than female progeny. High density of species in biodiversity effect examination did not increase parasitization, instead of decreasing the number of parasitization in several cases. This result supports a hypothesis that biodiversity of natural enemies not always correlate with pest population control. In contrast, parasitoid identity is a factor that should be considered in biological control program. We also found that

Trichogrammatoidea armigera dominated the habitat by parasitizing more trapped eggs compared the other tested species. Low parasitization in high species density threatment may be related to interspecific competittion between species where the occurence of a species may be denied by another species living in the same niche.

Based on the result of the first year research, we noted that high species density may decrease parasitization. Interspecific competition in space and food, and also chemical interaction is predicted to affec parasitization. We also noted that in this examination, many environment factors were involved. In order to confirm the result and to support hypothesis generated from first year research, in the second year, we would like to add laboratory work to look ate more deeply about *biodiversity effects* with elimination of environmental factors to study interaction pattern between tested species. Main project of second year would be continuing steps to create appropriate augmentation model. Project will focuse on evaluating appropriate parasitoid quantity for augmentation and parasitoid dispersion.

PRAKATA

Penelitian ini bertujuan untuk mencari dan mengembangkan model augmentasi yang tepat untuk pengendalian hayati pada pertanaman kedelai dengan informasi agroekologi sebagai basisnya. Penelitian ini juga akan melihat berbagai bentuk pengelolaan agroekosistem yang mampu mempertahankan dan melestarikan parasitoid.

Kami mengharapkan ini dapat memberikan informasi dan cakrawala yang lebih luas bagi program pengendalian hama tanaman pertanian di Indonesia dengan menggunakan agens pengendali hayati, dimana pengendalian ini diharapkan dapat mengkonservasi lingkungan. Kami juga menyadari bahwa laporan ini masih tidak terlepas dari kekurangan-kekurangan dan kesalahan-kesalahan penulis dan kekeliruan lainnya, untuk itu perkenankanlah kami memohon saran-saran, dan masukan demi perbaikan laporan ini untuk penelitian dimasa datang

Tim Peneliti mengucapkan banyak terima kasih kepada Kantor Menteri Negara Riset dan Teknologi, dan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) yang telah memberikan kepercayaan dan kesempatan kepada kami guna melaksanakan penelitian ini. Terima kasih juga kami sampaikan kepada Departemen Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, IPB dan Kelompok Peneliti Hama dan Penyakit, Balai Penelitian Tanaman Serat dan Kapas yang telah memfasilitasi pelaksanaan penelitian ini. Penelitian ini telah membuka kerjasama yang erat bagi kedua instansi yang terlibat .

Bogor, 6 November 2007

Tim Peneliti
Dr. Damayanti Buchori, Peneliti Utama
Dr. Nurindah,Anggota Peneliti
Bandung Sahari, Msi, Teknisi
Adha Sari, SP, Teknisi
Dwi Adi Sunarto MP, Teknisi

DAFTAR TABEL

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR GAMBAR LAMPIRAN

DAFTAR TABEL LAMPIRAN

I PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kedelai merupakan salah satu tanaman pangan utama yang saat ini menjadi prioritas pertanian di Indonesia. Oleh karena itu kontinuitas produksinya menjadi aspek yang mendapatkan perhatian serius dari Pemerintah. Serangan hama, seperti *Etiella zinckenella* dan *Helicoverpa armigera* ditengarai menjadi faktor pembatas utama yang dapat menurunkan produksi kedelai nasional, karena hama ini langsung menyerang polong kedelai (Kalshoven 1981; Shepard 1999), sehingga mengakibatkan kehilangan hasil yang sangat signifikan. Pengendalian hama dengan mengandalkan kehebatan pestisida dengan sistem pertanian intensif yang menjadi ciri khas revolusi hijau, sudah tidak relevan lagi karena justru menimbulkan permasalahan lain yang lebih besar, seperti pencemaran lingkungan, peledakan hama, resistensi hama, resurgensi, dan hancurnya habitat bagi banyak spesies (DeBach and Rose 1977; Lee *et al.* 2001; Clarke *et al.* 1992).

Paradigma pertanian berkelanjutan yang lebih mengedepankan jasa dan layanan ekosistem (*ecosystem services*) dalam pengelolaan hama, menawarkan suatu model sistem pertanian yang lebih berwawasan lingkungan dan secara ekonomi diharapkan dapat diandalkan. Hal ini sangat seiring dengan cita-cita Indonesia untuk *go organic 2010* yang semakin memperjelas pentingnya pertimbangan aspek ekologi dalam produksi pertanian. Pengendalian hayati dengan memanfaatkan parasitoid dapat menjadi alternatif yang sangat relevan untuk menjembatani terwujudnya pertanian kedelai berkelanjutan. Augmentasi parasitoid (membanjiri ekosistem dengan parasitoid) di lapangan merupakan metode yang umum digunakan dalam program pengendalian hayati, seperti yang dilakukan oleh Nurindah & Bindra (1989), Nurindah *et al* (1993), Herlinda (1995), dan Marwoto & Supriyatin (1999). Namun demikian, penelitian tersebut lebih terkonsentrasi pada kegiatan efikasi parasitoid di lapangan, dan umumnya hanya menguji kemampuan satu spesies parasitoid. Penelitian tersebut belum menekankan pada pendekatan yang lebih komprehensif, misalnya dengan memasukkan aspek kajian ekologi agroekosistem sebagai basisnya. Sehingga, pada skala yang lebih luas informasi yang diperoleh belum dapat diandalkan untuk menanggulangi masalah hama di lapangan.

Seharusnya, kajian terhadap ekologi agroekosistem menjadi bagian yang tidak terpisahkan dari program pengendalian hayati di lapangan, dan bahkan justru harus diutamakan agar keputusan pengendalian dapat dilakukan secara tepat. Oleh karena itu augmentasi parasitoid yang dikembangkan haruslah menyertakan pertimbangan ekologi agroekosistem yang lebih mendalam. Pertanyaannya kemudian adalah, model augmentasi seperti apa yang harus diterapkan?, bagaimana augmentasi dapat berhasil guna?, berapa jenis dan jumlah parasitoid yang harus digunakan?, sistem pengelolaan habitat seperti apa yang dapat mempertahankan dan melestarikan (konservasi) eksistensi parasitoid?. Keberhasilan pengendalian hama di lahan pertanian dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya keanekaragaman jenis musuh alaminya (Primentel 1961, Krues & Tscharnke 1994) serta identitas parasitoid (Loreau et al 2001; Cory & Snyder 2006). Lebih lanjut Loreau *et al.* 2001 mengemukakan bahwa penekanan populasi suatu spesies tertentu, tidak selalu tergantung pada keanekaragaman spesies lain yang menjadi musuh alaminya, tetapi lebih dipengaruhi oleh identitas satu atau beberapa spesies tertentu (*species identity*) yang dominan sebagai musuh alami. Pernyataan ini diperkuat Cory & Snyder 2006, yang melaporkan bahwa penekanan populasi kutu daun sangat dipengaruhi oleh identitas satu jenis predator, dan tidak dipengaruhi oleh keanekaragaman spesies predator. Hasil penelitian tersebut memberikan sinyalemen bahwa pola interaksi antara hama dan musuh alaminya harus diperhitungkan dalam pengendalian hayati. Pola interaksi ini secara teori akan berbeda untuk spesies dan tipe habitat yang berbeda. Oleh karena itu, salah satu fokus dari penelitian ini adalah menguji berbagai metode augmentasi dengan pendalaman pada interaksi antara inang dan parasitoidnya di lapangan, sehingga diharapkan akan ditemukan model augmentasi yang tepat untuk pengendalian hayati pada pertanaman kedelai.

Dalam kaitannya dengan konservasi parasitoid, beberapa hasil penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa kelimpahan dan keanekaragaman serta tingkat parasitisasi parasitoid generalis lebih tinggi pada lansekap pertanian kompleks daripada lahan yang diolah secara intensif dengan keanekaragaman tanaman yang rendah (Mennaled *et al* 1999, Altieri & Nicholls 2004). Sebaliknya simplifikasi pertanian mempengaruhi keanekaragaman spesies tanaman, hewan, dan mikoroorganisme yang hidup dan berinteraksi di dalamnya (Nicholls& Altieri 2004) bahkan dapat menurunkan kelimpahan dan parasitisasi parasitoid secara nyata (Kruess & Tscharntke 2000), dan menyebabkan punahnya spesies-spesies lokal (Samways 1994). Sangat disayangkan bahwa di Indonesia, penelitian yang terkonsentrasi pada pengembangan model pengelolaan agroekosistem yang dapat melestarikan parasitoid masih sangat terbatas. Oleh karena itu, studi habitat ini menjadi sangat penting untuk dilakukan.

Pada intinya, penelitian ini akan dikonsentrasikan untuk mengembangkan suatu model augmentasi dan pengelolaan agroekosistem yang dapat mempertahankan dan melestasikan parasitoid dengan berbasis pada informasi agroekologi untuk mewujudkan pertanian kedelai yang berkelanjutan.

Subyek Penelitian:

Subyek yang dilihat dalam penelitian ini adalah:

a. Studi kemampuan parasitisasi parasitoid telur di lapangan
b. Studi augmentasi parasitoid : *Biodiversity effects* atau identitas parasitoid?
c. Studi kuantitas untuk augmentasi parasitoid dan persistensinya di lapangan.

d. Mempelajari hubungan faktor lingkungan dengan keanekaragaman parasitoid
e. Studi hubungan kompleksitas habitat dan konservasi parasitoid
f. Pengembangan model augmentasi dan pengelolaan agroeksositem yang mendukung pertanian berkelanjutan

Lokasi penelitian

Pada tahun pertama, eksplorasi parasitoid yang berasosiasi dengan *H armigera* dilaksanakan di Bogor-Jawa Barat dan Malang-Jawa Timur. Pembiakan masal parasitoid dan inang dilaksanakan di Laboratorium Bio ekologi Parasitoid di Departemen Proteksi Tanaman-IPB Bogor dan juga di laboratorium Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat-Malang (Balittas). Pengujian *biodiversity effects* dalam augmentasi dilaksanakan di kebun percobaan IPB Cikabayan, Dramaga-Bogor.

Pada Tahun ke-dua, pengujian sifat-sifat dasar parasitoid akan dilakukan di Laboratorium Bio-Ekologi Parasitoid di DPT-IPB Bogor dan pengujian kuantitas dalam augmentasi parasitoid akan dilaksanakan di kebun percobaan Balittas, di Lamongan.

Pada Tahun Ke tiga, perancangan agroekosistem dan penelitian untuk mempelajari aspek-aspek dalam konservasi parasitoid akan dilakukan di Lamongan, Jawa Timur. Identifikasi parasitoid akan dilakukan di Laboratorium Bio-ekologi parasitoid DPT-IPB Bogor.

Hasil yang diharapkan

Penelitian ini dikonsentrasikan untuk mengembangkan suatu model augmentasi dan pengelolaan agroekosistem yang dapat mendorong terwujudnya pertanian kede'ai yang berkelanjutan. Dari penelitian ini diharapkan dapat dihasilkan suatu model augmentasi parasitoid dan juga teknik konservasinya di lapangan melalui pengelolaan habitat yang sesuai. Model yang diciptakan melalui serangkaian penelitian selama tiga tahun ini diharapkan dapat diaplikasikan/diterapkan di lapangan, sehingga permasalahan pengendalian hama kedelai *H armigera* dapat diatasi dengan model augmentasi ini yang sangat sesuai dengan cita-cita pertanian berkelanjutan. Selain itu diharapkan pula bahwa dari penelitian ini, dihasilkan suatu pemikiran baru yang dapat dimanfaatkan lebih jauh bagi terciptanya paket teknologi pengendalian hayati yang efektif dan efisien. Secara lebih spesifik, dari penelitian ini hasil yang diharapkan:

1. Informasi mengenai pengaruh keanekaragaman (*biodiversity effects*) parasitoid terhadap telur hama terparasit
2. Informasi mengenai hubungan antara kuantitas parasitoid dengan parasitisasi.
3. Informasi mengenai hubungan antara kompleksitas agroekosistem dengan komunitas parasitoid
4. Informasi mengenai hubungan antara parameter habitat (suhu, kompleksitas vegetasi) dengan komunitas parasitoid
5. Model augmentasi yang tepat untuk pengendalian hayati pada pertanaman kedelai
6. Model pengelolaan agroekosistem yang dapat melestarikan parasitoid

TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN KE I

Secara umum tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan suatu model augmentasi dan pengelolaan agroekosistem yang dapat mempertahankan dan melestasikan parasitoid dengan berbasis pada informasi agroekologi untuk mewujudkan pertanian kedelai yang berkelanjutan. Pada tahun pertama penelitian, tujuan kegiatan penelitian adalah untuk mempelajari aspek-aspek yang menentukan dalam keberhasilan augmentasi parasitoid, seperti keanekaragaman jenis atau identitas parasitoid. Lebih jauh, penelitian ini ingin melihat apakah kenakeragaman jenis memberikan kontribusi yang signifikan pada pengendalian hama atau justru identitas parasitoidlah yang berpengaruh. Manfaat dari hasil penelitian ini adalah dihasilkannya informasi yang dapat digunakan untuk membangun model augmentasi yang sesuai, efektif dan efisien. Hasil dari penelitian tahun pertama ini juga sangat penting sebagi landasan untuk menentukan kuantitas parasitoid yang harus dilepas yang mana penelitian mengenai hal ini akan dilakukan pada tahun ke-dua.

III. TIINJAUAN PUSTAKA

Kegiatan augmentasi parasitoid

Augmentasi dengan melepaskan parasitoid di lapang untuk mengendalikan serangga hama telah umum dilakukan dengan teknik dan hasil yang bervariasi. Stinner *et al.* (1974) melaporkan bahwa pelepasan 1.9-2.9 juta *Trichogrammatoidea pretiosum* telah dapat menurunkan populas hama *Helicoverpa armigera* sampai 66%, sementara Jones et al. (1979) melaporkan bahwa pelepasan 1.0-1.7 juta parasitoid yang sama, tingkat parasitisasinya dapat mencapai 81% sehingga menurunkan populasi larva sampai 21%.. Di Indonesia penelitian yang terkait dengan augmentasi parasitoid telah banyak dilakukan diantaranya seperti yang dilakukan oleh Nurindah & Bindra (1989), Nurindah *et al* (1993), Herlinda (1995), dan Marwoto & Supriyatin (1999). Dari hasil penelitian Herlinda (1995), pelepasan *T bactrae-bactrae* dapat meningkatkan parasitisasi dari 1.1% menjadi 54.3%, sedangkan Marwoto & Supriyatin (1999) yang meneliti parasitoid yang sama melaporkan bahwa pelepasan satu juta parasitoid dapat meningkatkan tingkat parasitisasi sampai 86%

Hubungan antara keanekaragaman musuh alami dan pengendalian hama: Implikasinya terhadap pengembangan model augmentasi

Bekerjanya proses pengendalian hama pada agroekosistem merupakan manifestasi dari kontribusi jasa dan layanan ekosistem, yang diprediksi akan terancam oleh menurunnya keanekaragaman musuh alami (Kruess & Tscharnke 1994, Altieri & Nicholls 2004). Informasi ini mengindikasikan bahwa proses pengendalian hayati di alam sangat dipengaruhi oleh kompleksitas musuh alami yang ada. Namun demikian, Loreau *et al.* 2001 mengemukakan bahwa penekanan populasi suatu spesies tertentu, tidak selalu tergantung pada keanekaragaman spesies lain yang menjadi musuh alaminya, tetapi lebih dipengaruhi oleh identitas satu atau beberapa spesies tertentu (*species identity*) yang dominan sebagai musuh alami. Pernyataan ini diperkuat Cory

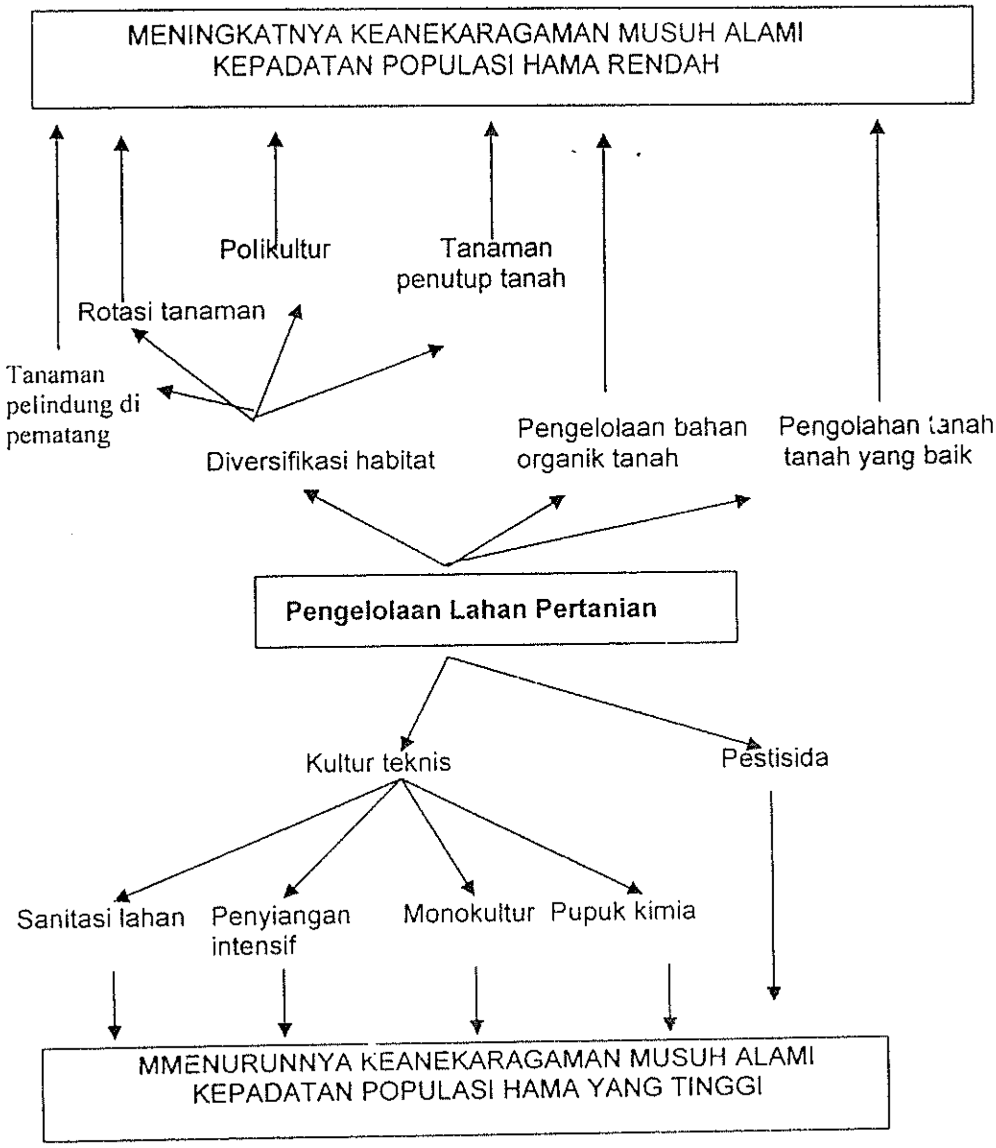
& Snyder 2006, yang melaporkan bahwa penekanan populasi kutu daun sangat mempengaruhi oleh identitas satu jenis predator, dan tidak dipengaruhi oleh keanekaragaman spesies predator. Berdasarkan hasil penelitian tersebut, dapat ditarik benang merah bahwa, dalam suatu ekosistem, terdapat spesies-spesies kunci yang sangat berperan dalam mengendalikan populasi suatu spesies tertentu. Hal ini kemungkinan besar tidak berlaku sama untuk setiap komunitas musuh alami pada habitat yang berbeda. Namun informasi tersebut mengindikasikan bahwa fenomena tersebut dapat terjadi di alam. Dalam konteks pengendalian hayati, apakah keanekaragaman musuh alami atau identitas spesies musuh alami yang mungkin berperan dalam menekan populasi hama, masih belum diketahui. **Informasi seperti inilah yang seharusnya digali terlebih dahulu sebelum kegiatan augmentasi parasitoid dilakukan.**

Keberhasilan Pengendalian Hayati dengan Parasitoid: Keanekaragaman atau Identitas?

Beberapa hasil penelitian menekankan bahwa keberhasilan dalam pengendalian hama di lahan pertanian sangat dipengaruhi oleh keanekaragaman jenis musuh alaminya (Primentel 1961; Krues & Tscharnke 1994). Namun demikian, lebih lanjut Loreau *et al.* 2001 mengemukakan bahwa penekanan populasi suatu spesies tertentu, tidak selalu tergantung pada keanekaragaman spesies lain yang menjadi musuh alaminya, tetapi lebih dipengaruhi oleh identitas satu atau beberapa spesies tertentu (*species identity*) yang dominan sebagai musuh alami. Pernyataan ini diperkuat Cory & Snyder 2006, yang melaporkan bahwa penekanan populasi kutu daun sangat dipengaruhi oleh identitas satu jenis predator, dan tidak dipengaruhi oleh keanekaragaman spesies predator. Hasil penelitian tersebut memberikan sinyalemen bahwa pola interaksi antara hama dan musuh alaminya harus diperhitungkan dalam pengendalian hayati. Pola interaksi ini secara teori akan berbeda untuk spesies dan tipe habitat yang berbeda

Hubungan antara kompleksitas agroekosistem dan pengendalian hayati

Pada beberapa kasus, kompleksitas habitat pada pertanaman sangat berkaitan dengan keberhasilan pengendalian hayati (Klein *et al* 2002). Pada sistem pertanian tumpangsari dengan tipe habitat lebih komplek menghadirkan variasi keanekaragaman tumbuhan, inang maupun parasitoid yang lebih tinggi dibandingkan dengan daerah monokultur. Menalled *et al.* (1999) melaporkan bahwa kelimpahan dan keanekaragaman serta tingkat parasitisasi parasitoid generalis lebih tinggi di daerah lansekap pertanian kompleks daripada daerah yang diolah secara intensif dengan keanekaragaman tanaman yang rendah. Hasil ini memperkuat prediksi dari hipotesis musuh alami yaitu bahwa kelimpahan dan keanekaragaman musuh alami lebih besar di polikultur daripada monokultur (Altieri & Nicholls 2004). Keefektifan musuh alami yang tinggi di daerah dengan keanekaragaman yang besar disebabkan oleh mudahnya imago parasitoid mendapatkan polen dan nektar dari tanaman berbunga lainnya sebagai inang alternatif, sehingga masa hidup parasitoid lebih lama (Tooker & Hanks 2000).



Gambar 1. Pengaruh pengelolaan agroekosistem dan kultur teknis terhadap keanekaragaman musuh alami dan kelimpahan serangga hama (dimodifikasi dari Altieri 1999).

IV. METODE PENELITIAN

4.1. Lokasi Penelitian:

Koleksi parasitoid dilaksanakan di dua daerah yang berbeda yaitu Bogor dan Lamongan. Identifikasi dan perbiakan masal parasitoid dilakukan di Laboratorium Bioekologi Parasitoid, Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, IPB. Pengujian *Biodiversity effect* akan dilaksanakan di Laboratorium Lapang Cikabayan, Kampus IPB Dramaga Bogor

4.2. Perbanyakan Serangga Uji

4.2.1. Perbanyakan Inang *Helicoverpa armigera*

Larva dipelihara dalam wadah plastik tempat pemeliharaan larva dan diberi pakan jagung muda, setiap hari pakan diganti dan ditambah dengan yang baru. Mencapai instar 3, larva dipindahkan ke wadah plastik kecil dan setiap wadah berisi 1 larva. Menjelang berpupa, ke dalam wadah kecil dimasukkan serbuk gergaji. Pupa yang telah terbentuk, dikumpulkan dalam cawan petri dan dimasukkan dalam kurungan imago (berukuran 40 x 40 x 60 cm). Di dalam kurungan, digantungkan kapas yang telah diolesi dengan madu 10%. Ketika imago siap bertelur, dimasukkan daun/polong kedelai tempat peletakan telur. Telur yang didapat, sebagian untuk dipelihara kembali dan sebagian lagi untuk pemeliharaan parasitoid.

4.2.2. Perbanyakan *Corcyra cephalonica*

Pada umumnya parasitoid telur yang menyerang telur *E. zinkenella* dan *H. armigera* adalah golongan Trichogrammatidae. Untuk pembiakan massal parasitoid ini akan digunakan serangga inang alternatif yaitu *C. cephalonica* karena sangat mudah penanganannya. Imago jantan dan betina *C. cephalonica* yang didapat dari gudang pakan ternak dimasukkan dalam kotak peneluran berbentuk silinder yang terbuat dari karton (diameter 8 dan tinggi

20 cm). Bagian atas dan bawah karton ditutup dengan kawat kassa 25 mesh. Setiap hari, telur-telur yang dihasilkan diambil dengan menggunakan kuas dan dikumpulkan dalam cawan petri (diameter 10 cm Pyrex). Sebagian telur ditaburkan dalam wadah plastik tempat pemeliharaan larva (berukuran 34 x 26 x 7 cm), yang pada bagian atas tutupnya diberi kain kassa 25 mesh. Wadah pemeliharaan tersebut berisi pakan ayam dan dedak (1:2). Sebagian telur lagi digunakan untuk pemeliharaan *Trichogramma.*

4.2.3. Perbanyakan Parasitoid Telur

Semua parasitoid telur yang dikoleksi dari lapang dikembangbiakkan dalam tabung berukuran 3 x 15 cm yang telah diolesi madu di dalamnya. Pias-pias (terbuat dari karton manila berukuran 1 x 10 cm) yang telah ditempeli telur-telur inang (dengan *gum arabic*) berumur ≤ 24 jam dimasukkan ke dalam tabung untuk diparasitisasi selama 24 jam. Tiap hari pias diganti dengan yang baru. Pias yang sudah diparasit (warna telur menjadi hitam) disimpan pada suhu ruang sampai imago yang baru muncul.

4.3. Tahapan Penelitian

4.3.1. Koleksi Parasitoid.

Koleksi berbagai jenis parasitoid diperlukan untuk digunakan sebagai bahan pengujian. Koleksi parasitoid dilakukan dengan mengumpulkan telur-telur hama *Etiella zinkenella* atau *Helicoverpa armigera* dari lapangan menggunakan metode *hand collection.* Telur-telur tersebut kemudian dikoleksi dalam tabung gelas dengan diameter 3 cm, dan panjangnya15 cm. Telur-telur tersebut dibawa ke laboratorium untuk dipelihara hingga parasitoid muncul. Telur yang terparasit akan berwarna lebih gelap (kecoklatan atau kehitaman) dibandingkan telur-telur yang tidak terparasit. Setelah parasitoid muncul, diidentifikasi dan kemudian dibiakkan di laboratorium untuk keperluan pengujian.

4.3. 2. Identifikasi Parasitoid

Identifikasi parasitoid dilakukan dengan membuat preparat agar ciri morfologi dapat dilihat dengan jelas. Preparat mikroskop dibuat dalam bentuk preparat sementara dan preparat permanen. Untuk melihat morfologi luar, imago parasitoid dibuat dalam bentuk preparat sementara, langsung diawetkan dalam medium Larutan Hoyer pada gelas objek dan gelas penutup, tanpa penjernihan. Untuk melihat morfologi dalam (alat genitalia) terlebih dahulu dilakukan pembedahan dan dibuat dalam bentuk preparat permanen, begitu juga untuk mempelajari karakter morfologi lainnya. Imago parasitoid yang dibuat dalam preparat permanen dijernihkan dengan perendaman dalam larutan KOH 10% beberapa jam atau dengan pemanasan selama 10 menit. Setelah jernih, parasitoid direndam dalam acid alkohol 50% selama 30 menit, kemudian dicuci dengan akuades, dan selanjutnya diberi perlakuan dehidrasi dengan merendamnya pada alkohol bertingkat (50, 70, 90% dan absolut) masing-masing 20 menit, dan diberi pewarnaan dengan asam fuchsin selama satu malam, dibersihkan dengan merendamnya dalam minyak cengkeh selama 2 jam, kemudian ditata di gelas objek dan diberi kanada balsam, terakhir ditutup dengan gelas penutup. Preparat dipanaskan pada *hot plate* beberapa hari, kemudian preparat ini diamati dibawah mikroskop dan kamera lusida (Olympus BX 50) untuk digambar. Untuk satu populasi, jumlah individu yang diamati minimal 10 imago jantan dan 10 imago betina. Dalam satu preparat di letakkan 10 - 20 imago jantan dan betina dari satu populasi.

Umumnya parasitoid yang menyerang telur *E zinkenella* adalah dari golongan Trichogrammatidae. Untuk mengetahui spesies parasitoid khususnya parasitoid telur *Trichogramma* dan *Trichogrammatoidea* yang ditemukan dilakukan identifikasi dengan menggunakan beberapa karakter morfologi yang membedakan genus dan spesies *Trichogramma* dan *Trichogrammatoidea* (genitalia jantan, sayap depan dan belakang, antena, panjang relatif ovipositor dan tibia belakang betina) berdasarkan kunci identifikasi Alba (1988) dan Pinto (1995) serta sumber informasi lainnya (Nagarkatti dan Nagaraja, 1977). Alat yang digunakan untuk pengamatan identifikasi adalah mikroskop *compound (Nikon)*, mikroskop *dissecting (Nikon)*, dan kamera lusida. Hasil pengamatan digambar, diukur dan difoto.

4.3.3. Pengujian *biodiversity effects* dalam augmentasi.

Percobaan *biodiversity effects* dalam augmentasi, dilakukan pada pertanaman kedelai yang telah memasuki masa generatif (pembungaan dan pembentukan polong). Rancangan percobaan mengikuti metode Cory & Snyder (2006), yaitu dengan memasang kurungan dari kain kasa 2 x 2 x 2 m^3 yang didalamnya telah ditempatkan telur-telur inang dengan kuantitas yang sama untuk setiap kurungan, yatu 450 telur *C. Cephalonica* dan 60-100 telur *H armigera* (tergantung stok). Dalam percobaan ini akan dilakukan tiga perlakuan: 1) kontrol (tidak ada parasitoid yang dimasukkan dalam kurungan), 2) kekayaan spesies rendah (hanya satu spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan), 3) kekayaan spesies tinggi (3 spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan). Untuk setiap kurungan, akan dimasukkan parasitoid dengan kuantitas 30 ekor (rasio inang-parasitoid: 1:10) . Pada perlakuan kekayaan spesies rendah, setiap spesies parasitoid yang diuji akan diulang 5 kali (n=15), sedangkan untuk perlakuan kontrol dan kekayaan spesies tinggi akan diulang 5 kali. Pelepasan dilakukan sebanyak tiga kali, dan pemasangan telur perangkap dilakukan selama 24 jam. Pelepasan 1, telur-telur perangkap ditempelkan pada daun (lihat gambar Gambar Lampiran 2.2.), pelepasan ke-dua terlur-telur perangkap ditempelkan pada polong kedelai (lihat Gambar Lampiran 2.2.) dan pelepasan ke -3, seperti pelepasan pertama tetapi sebelumnya dilakukan Vacum untuk mengurangi jumlah arthropoda yang ada dalam kurungan (Lihat proses Vacum pada Gambar Lampiran 2.5). Secara umum rancangan pelepasan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pepasan satu jenis parasitoid: A=Trichogrammatoidea armigera, B=Trichogramma Chilotrae, C= Trichogrammatoidea cojuangcoi. Masing-masing 5 ulangan.
2. Pelepasan dengan kekayaan rendah: A=Trichogrammatoidea armigera vs Trichogramma chilotrae, B: Trichogrammatoidea vs Trichogrammatoidea cojuangcoi, C, Trichogrammatoidea cojuancoi vs Trichogramma chilotrae.
3. Pelepasan dengan kekayaan tinggi: kombinasi tiga spesies di atas.

Percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah keanekaragaman memberikan pengaruh pada persentasi parasitisasi, atau justru identitas parasitoidlah yang lebih berperan dalam keberhasilan augmentasi. Persentase parasitisasi dihitung dengan membagi jumlah inang terparasit dengan inang yang masih tersedia di lapangan (tidak dimakan oleh predator) dikalikan 100%. Persentase telur yang terparasit akan dibandingkan antar perlakuan menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Apakah identitas parasitoid atau keanekaragaman parasitoid yang berperan dapat dilihat dari jenis-jenis parasitoid yang muncul dari telur-telur inang terparasit serta kelimpahannya.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1. Persiapan Penelitian

Persiapan penelitian dilakukan dengan merancang laboratorium untuk pembiakan serangga inang. Penyiapan serangga inang ini sangat penting karena harus dilakukan beberapa bulan sebelum koleksi parasitoid dilakukan. Dengan demikian, ketika parasitoid telah dikoleksi, telur inang untuk pembiakannya dapat disediakan. Serangga inang yang efektif digunakan untuk pembiakan parasitoid telur Trichogrammatidae di laboratorium adalah *Corcyra cephalonica*, serangga hama gudang yang menyerang gabah. Di Asia tenggara, pembiakan parasitoid Trichogrammatidae sangat efektif menggunakan serangga inang tersebut.

Serangga ini dikoleksi dari gudang-gudang penggilingan padi di wilayah Cianjur. Masa yang dikoleksi adalah sisa-sisa beras yang masih terbungkus kulit ari yang umumnya menjadi makanan *C cephalonica*. Setiap kali koleksi, akan diperoleh larva yang kemudian dibiakkan dalam media campuran dedak jagung dan pur (pakan ayam) dengan perbandingan 2:1 (lihat Gambar Lampiran 1 1). Satu bulan kemudian, imago yang muncul dipanen dan dipelihara di tempat peneluran (lihat Gambar Lampiran 1.1., 1.2, 1.3). **Telur-telur yang dipanen (lihat Gambar Lampiran 1.6) digunakan untuk pembiakan berikutnya. Siklus hidup ngengat ini dari telur hingga imago mencapai 30-45 hari, sehingga untuk mendapatkan anakan yang cukup** banyak diperlukan waktu minimal tiga bulan. Namun demikian ini sangat tergantung jumlah larva awal yang dikoleksi dari lapangan dan dibiakkan di laboratorium.

Inang *H armigera* diperoleh dari pertanaman kedelai dan kemudian dibudidayakan di laboratorium untuk keperluan pembiakan dan pengujian. Larva *H amigera* yang dikoleksi kemudian dibawa ke laboratorium dan diberi pakan jagung muda. Larva dipeliharan dalam cawan plastik kecil, dan setiap hari dibersihkan serta pakan diganti dengan yang baru. Larva yang terinfeksi virus dibuang dan cawan bekas pemeliharaannya harus disterilisasi untuk meminimalisasi terjadinya penularan virus. Untuk setiap cawan plastik hanya dipelihara satu larva, karena sifat dari serangga ini yang kanibal sehingga jika dijadikan satu maka akan saling memakan. Larva yang telah mulai berkempompok dipindahkan dalam serbuk gergaji steril dan ditempatkan pada ruang penetasan. Imago yang muncul dari pupa kemudian dipindahkan dalam tempat peneluran. Telur-telur yang diletakkan digunakan untuk pembiakan selanjutnya dan sebagai bahan uji. (lihat Gambar Lampiran 1.7)

5.2 . Ekplorasi dan Koleksi Parasitoid di lapangan

Koleksi parasitoid dilakukan dengan mengumpulkan telur-telur hama *Etiella zinkenella* atau *Helicoverpa armigera* yang terdapat pada pertanaman kedelai. Koleksi dari lapangan dilakukan menggunakan metode *hand collection*. Telur-telur diperoleh kemudian dikoleksi dalam tabung gelas dengan diameter 3 cm, dan panjangnya15 cm. Pengambilan sampel parasitoid dilakukan pada pertanaman kedelai di wilayah Semplak, Citayam, Megamendung, Cibanteng, dan Cimanggu. Dari lima lokasi tersebut, hanya pertanaman kedelai di wilayah Megamendung yang terdapat telur-telur hama (lihat Tabel Lampiran 1) . Telur-telur yang umumnya terdapat di lapangan adalah telur *Helicoverpa armigera*, sedangkan telur *E. Zinkenella* tidak ditemukan. Umumnya telur-telur *H. armigera* terdapat pada polong kedelai yang masih muda. Hal ini disebabkan *H armigera* sangat dikenal sebagai hama penggerek polong kedelai yang sangat merusak, sehingga telur-telurnya akan sering diletakkan pada polong yang masih muda, walaupun ditemukan juga telur pada bagian tangkai daun.

Dari dua kali pengambilan sampel, diperoleh sekitar total 43 telur, namun hanya 27 telur yang terparasit. Pada pengambilan telur di Megamendung yang pertama, hanya diperoleh 5 telur dari polong kedelai di lapangan, dan semua terparasit, ini dapat dilihat dari perubahan warna telur yang menghitam. Umumnya telur yang terparasit menghasilkan lebih dari satu parasitoid, sehingga total parasitoid yang diperoleh dari pengambilan pertama, yaitu 11 parasitoid dengan sex ratio jantan betina umumnya 1:1 dari 5 telur yang terparasit. Hanya satu telur yang menghasilkan 3 ekor parasitoid yang semuannya jantan, sehingga tidak dapat diperbanyak (lihat Tabel Lampiran 1).

Pada pengambilan sampel di Megamendung yang ke-dua, diperoleh jumlah telur inang yang lebih banyak, yaitu sekitar 38 butir. Namun tidak semuanya terparasit. Hanya sekitar 22 telur yang terparasit oleh parasitoid, namun demikian 8 butir telur yang terparasit gagal menetas, sehingga hanya 14 telur terparasit yang berhasil keluar. Dari 14 telur terparasit tersebut, dihasilkan 21 parasitoid dengan 14 jantan dan 7 betina (lihat Tabel Lampiran 2).

5.3. Pembiakan Parasitoid.

Telur-telur yang diperoleh dibawa ke laboratorium untuk dipelihara hingga parasitoid muncul. Larva inang yang menetas dari telur yang tidak terparasit dibersihkan. Telur yang terparasit akan berwarna lebih gelap (kecoklatan atau kehitaman) dibandingkan telur-telur yang tidak terparasit (lihat Gambar Lampiran 1.2.) Setelah parasitoid muncul, diidentifikasi dan kemudian dibiakkan di laboratorium untuk keperluan pengujian. Imago parasitoid yang muncul kemudian dipaparkan pada telur inang. Untuk setiap betina parasitoid dipaparkan pada sekitar 20 butir telur inang *C cephalonica* untuk keperluan pembiakan. Keturunan parasitoid yang dihasilkan dari pembiakan pertama (F1) akan digunakan untuk pembiakan masal parasitoid yang pada akhirnya dimanfaatkan untuk pengujian. Induk yang dikoleksi langsung dari lapangan, akan diidentifikasi hingga tingkat spesies. Saat ini terdapat 10 female line yang dibiakkan di laboratorium, namun demikian tidak semua female line dapat bertahan di laboratorium. Terdapat satu *female line* yang gagal dipertahankan karena tidak menghasilkan keturunan.

5.4. Identifikasi Parasitoid Berdasarkan Karakter Morfologi

Semua parasitoid yang muncul dari telur-telur yang terparasit diidentifikasi di laboratorium dengan membuat preparat awetan. Pada laporan tahap I, dilaporkan bahwa parasitoid yang muncul dari telur-telur yang dikoleksi dari lapangan dikenali sebagai *Trichogrammatoidea* dan *Trichogramma* yang merupakan parasitoid dari kelompok famili Trichogrammatidae. Namun demikian, setelah dilakukan observasi identifikasi secara mendetail terhadap karakteristik morfologi genitalia, diketahui bahwa parasitoid yang pada awalnya diidentifikasi sebagai *Trichogramma*, ternyata adalah *Trichogrammatoidea*. Berdasarkan analisis ciri morfologi kelamin jantan spesies yang ditemukan adalah *Trichogrammatoidea armigera*

Secara lebih rinci, deskripsi pembedaan karakter morfologi dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Pembedaan karakter morfologi untuk genus Trichogramma dan Trichogrammatoidea (Alba 1988; Nagarkatti & Nagaraja 1977)

No	Karakter morfologi	Trichogramma	Trichogrammatoidea
1	Sayap depan	-Fringe seta lebih pendek -Trichia pada remigium banyak -Memiliki Rs1	Fringe seta lebih panjang -Trichia pada remigium sedikit -Tidak memiliki Rs1
2	Antena	Gada tidak beruas untuk jantan dan betina	Gada beruas tiga pada jantan -Funikula beruas dua pada jantan dan betina
3	Genitalia jantan	Dengan *dorsal gonobase*	Tidak memiliki DGE

		expansion (DGE)	

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya diketahui bahwa setidaknya terdapat empat jenis parasitoid telur yang menyerang telur *H. armigera*, yaitu *Trichogramma chilonis*, (Herlinda *et al* 1996) *T. chilotraeae*, *Trichogrammatoidea armigera*, dan *T.'oidea guamensis* (Nurindah & Bindra 1989).

Secara spesifik, deskripsi karakter morfologi dari spesies tersebut diuraikan sebagai berikut:

Trichogrammatoidea armigera

Imago dengan panjang 0.40 – 0.42 mm. Antena jantan dengan rambut-rambut pada gada dan funikula dengan panjang 2 – 3 kali dari lebar maksimum gada. Gada beruas tiga dan funikula beruas dua (Gambar 2a). Sayap depan dengan fringe setae lebih panjang dengan trichia pada remigium relatif sedikit (Gambar 2b). Sayap belakang dengan seta hampir sama panjang dengan fringe setae sayap depan (Gambar 2c). Genitalia tidak memiliki DGE, Median Ventral Projection (MVP) jelas dan sempit dan tidak ada LT (Gambar 2d). Aedeagus dan apodema hampir sama panjang, tetapi lebih pendek dari keseluruhan kapsul genitalia (Gambar 2d). Antena betina dengan rambut-rambut yang pendek pada funikula dan gada (Gambar 2e). Ovipositor sedikit lebih panjang dari tibia belakang betina (Gambar 2f). Kepala imago jantan dan betina berwarna kuning tua cerah, antena berwarna kuning tua, toraks berwarna coklat tua dan abdomen berwarna lebih gelap .

Gambar 2. Karakter Morfologi *Trichogrammatoidea armigera*; a. Antena jantan; b. Sayap depan; c. sayap belakang; d. Genitalia jantan; e. Antena betina; f. Ovipositor ; g. Tibia belakang betina.; MVP-median ventral projection; CS - chelate structure; GF-gonoforceps; A- aedeagus.

Trichogrammatoidea cojuangcoi Nagaraja

Imago jantan dan berwarna kuning tua dengan skutelum anterior dan abdomen anterior berwarna kehitaman . Imago dengan panjang 0.52-0.53 mm. Antena jantan dengan rabut-rambut pada gada dan funikula yang berukuran 2-3 kali dari lebar maksimum gada. Gada beruas tiga dan funikula beruas dua (Gambar 3a). Sayap depan dengan *fringe setae* pada tornus lebih panjang dan trichia pada remigium sedikit (Gambar 3b). Sayap belakang dengan seta hampir sama panjang dengan *fringe setae* sayap depan (Gambar 3c). Genitalia tidak memiliki DGE (*dorsal gonobase expansion*). Memiliki sepasang *lateral tubercle* (LT) (Gambar 3d). *Aedeagus* sedikit lebih panjang dari apodema, tetapi lebih pendek daripada keseluruhan kapsul genitalia (Gambar 3d). Antena betina dengan rambut-rambut lebih pendek pada funikula dan gada (Gambar 3e). Ovipositor lebih panjang daripada tibia belakang betina (Gambar 3f,g)

Gambar 3. Karakter Morfologi *Trichogrammatoidea cojuancoi* ; a. Antena jantan; b. Sayap depan; c. Sayap belakang; d. Genitalia jantan; e. Antena betina; f. Ovipositor; g. Tibia belakang betina; LT-*Lateral tubercle*; CS-*chelate structure*; GF-*gonoforceps*; A-*aedeagus*

<u>*Trichogramma chilotreae*</u>

Parasitoid *T. chilotraeae* mempunyai ciri-ciri umum sebagai berikut; imago jantan berwarna kuning dengan pronotum, mesopleurum, mesoscutum, abdominal terga, dan koksa tungkai belakang berwarna kehitaman. Imago betina berwarna kekuningan pada bagian depan dan sebagian besar bagian mesoscutum. Panjang imago 0.373-0.526 mm (tidak termasuk kepala). Pada umumnya imago betina berukuran lebih besar daripada imago jantan.

Pada karakter antena ditemukan bagian *club* tidak bersegmen dengan rambut yang panjang (Gambar 4a). Sayap depan mempunyai *setae* yang letaknya tersusun dalam suatu barisan, mempunyai tiga sampai empat *trichia* pada Rs1 dengan *stigma* yang mengarah ke bawah dan *fringe setae* yang berukuran lebih pendek jika dibandingkan dengan genus Trichogrammatoidea (Gambar 4b). Alat genitalia jantan mempunyai *dorsal expansion gonobase* (DEG) kurang lebih berbentuk segitiga dengan ujung runcing, *chelat structure* (CS) yang besar dan terletak jauh dari ujung *gonoforceps* (GF) serta mempunyai *aedagus* yang panjang dan runcing. Hal ini sesuai dengan deskripsi berdasarkan sumber Nagarkatti dan Nagaraja (1977), Alba (1988) dan Nurindah (2002) (Gambar 4c) .

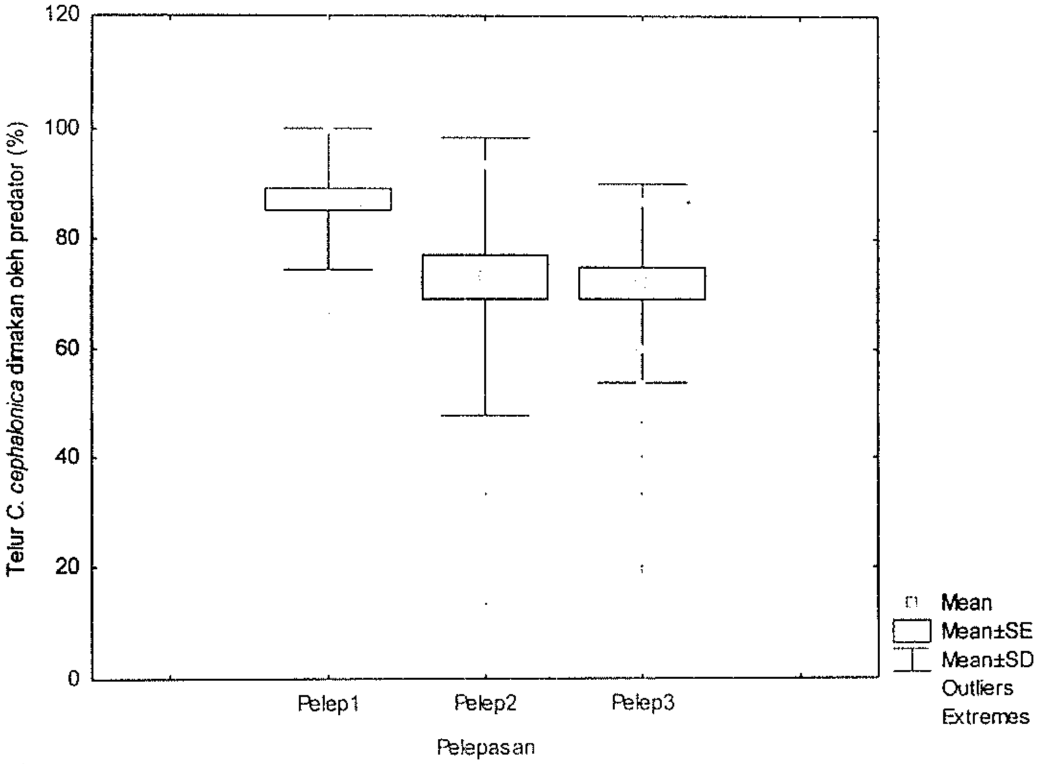
Gambar 4. Karakter morfologi *T. chilotraeae* berdasarkan kunci identifikasi ; antena(a) Sayap (b) Alat genitalia.(a dan b sumber Nurindah 2002; c Sumber Alba 1988)

5.5. Augmentasi Parasitoid: *Biodiversity Effect* atau Identitas Spesies

Untuk pelepasan parasitoid, lahan tanaman kedelai beserta kerangka kurungan telah disiapkan. Parasitoid yang dilepaskan adalah parasitoid *T. armigera, T cojuangcoi, T chilotrae*, yang ketiganya diketahui berasosiasi dengan inang *H. armigera* dan *E. zinckenella* di lapangan. Parasitoid *Trichogrammatoidea armigera* diperoleh dari Bogor, sedangkan dua spesies lainnya diperoleh dari hasil koleksi di Malang (Jawa Timur). Pelepasan dilakukan pada kebun percobaan Cikabayan IPB (lihat Gambar Lampiran 1.12). Pelepasan dilakukan sebanyak tiga kali (tanggal 27 September, 2 Oktober, dan 5 Oktober 2007). Untuk setiap pelepasan, dilepaskan sekitar 1000 individu parasitoid. Pelepasan yang dilakukan dikondisikan sealami mungkin dimana peranan elemen ekologi tetap bermain. Jadi dalam penelitian ini, kurungan baru dipasang satu hari sebelum pelepasan dilakukan dan kurungan berfungsi untuk melokalisasi parasitoid yang dilepaskan.

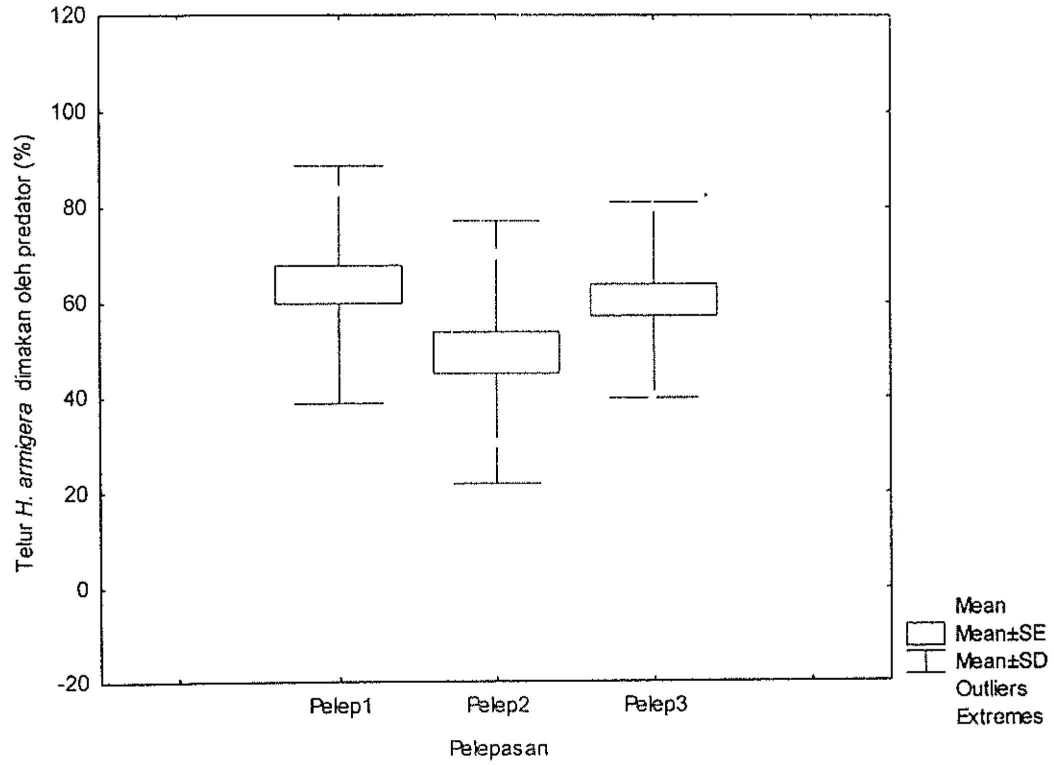
5.5.1. Peranan predator dalam mengurangi jumlah telur dipaparkan.

Dari hasil percobaan pelepasan parasitoid, sebagian besar telur perangkap yang dilepas dimakan oleh predator, bahkan hingga mencapai angka 90-100%. Semut merah merupakan salah satu predator yang paling dominan yang ditemukan pada pertanaman kedelai. Hasil percobaan mengindikasikan bahwa predator sangat berperan dalam mengurangi jumlah telur perangkap yang cukup signifikan hingga lebih dari 90%. Jumlah telur perangkap yang dipaparkan di lapangan berkurang sangat berbeda antara pelepasan pertama, ke-dua, dan ke-tiga (ANOVA, $F_{2,117}=7.67$;; $p<0001$;n=120; uji lanjut dengan uji Duncan pada taraf nyata 5%).



Gambar 5. Telur *C. cephalonica* yang dipaparkan dan dimakan oleh predator.

Telur-telur yang dipaparkan pada daun pada pelepasan pertama lebih banyak dimakan oleh predator (87,33%) dibandingkan pada pelepasan ke-dua dan ke-tiga yang ditempelkan pada polong (73,11%, dan 72%). Perlakuan Vacum pada pelepasan ke-tiga untuk mengurangi predator ternyata tidak memberikan pengaruh yang signifikan pada pengurangan jumlah telur yang dimakan predator dibandingkan pada pelepasan ke-dua. (p=0.799). Hal yang sama juga terjadi pada *H armigera*, jumlah telur *H armigera* yang dimakan oleh predator sangat berbeda dari setiap pelepasan ($F_{2,117}$= 3,69; p=0,027, n=120), namun persentase jumlah yang dimakan lebih sedikit dibandingkan telur *C. cephalonica*. Jumlah telur yang dimakan oleh predator lebih banyak pada pelepasan pertama (63,75%) dibanding pelepasan ke-dua (49,50%) dan ke-tiga (60,50%)



Gambar 6. Telur *H. armigera* yang dipaparkan dan dimakan oleh predator.

Dari hasil tersebut diatas, kita bisa melihat bahwa komponen agroekosistem juga bekerja untuk mengendalikan populasi serangga inang di laoangan, misalnya predator. Hal yang merugikan akan terjadi ketika predator ini juga memangsa telur-telur inang yang telah terparasit yang berarti bahwa jumlah parasitoid yang akan muncul di ekosistem akan berkurang.

5.5.2. Parasitisasi dan kepadatan inang

Jumlah telur tersisa di lapangan yang tidak dimakan oleh predator sangat bervariasi dari sedikit hingga banyak sehingga menggambarkan suatu fenomena variasi kepadatan inang yang tersedia bagi parasitoid. Beberapa penelitian sebelumnya telah menggambarkan adanya suatu fenomena bahwa terdapat hubungan yang erat antara jumlah inang yang tersedia di lapangan dengan jumlah inang yang terparasit (Clercq *et al* 2000; Munyaneza &

Obrycki 1997; dan Wang & Ferro 1998). Dalam percobaan ini, fenomena ini juga terjadi bahwa jumlah telur inang yang tersedia di lapangan berkorelasi positif dengan parasitisasi baik pada pelepasan pertama, ke-dua maupun ke-tiga serta pada inang *C. cephalonica* maupun *H. armigera*. Artinya adalah parasitisasi meningkat dengan meningkatnya kepadatan inang yang tersedia bagi parasitoid (tanggap fungsional). Fenomena tanggap fungsional juga dicatat pada parasitoid dari Trichogrammatidae oleh Wang & Fero (1998) yang meneliti hubungan kepadatan inang *Ostrinia nubilalis* dengan *Trichogramma ostriniae*. Analisis menggunakan korelasi *Spearman*, memperlihatkan bahwa dari hasil percobaan di lapangan, jumlah telur yang terparasit berkorelasi positif dengan kepadatan inang yang tersedia bagi parasitoid (R>0,5 dan p<0,05) (lihat Tabel 2)

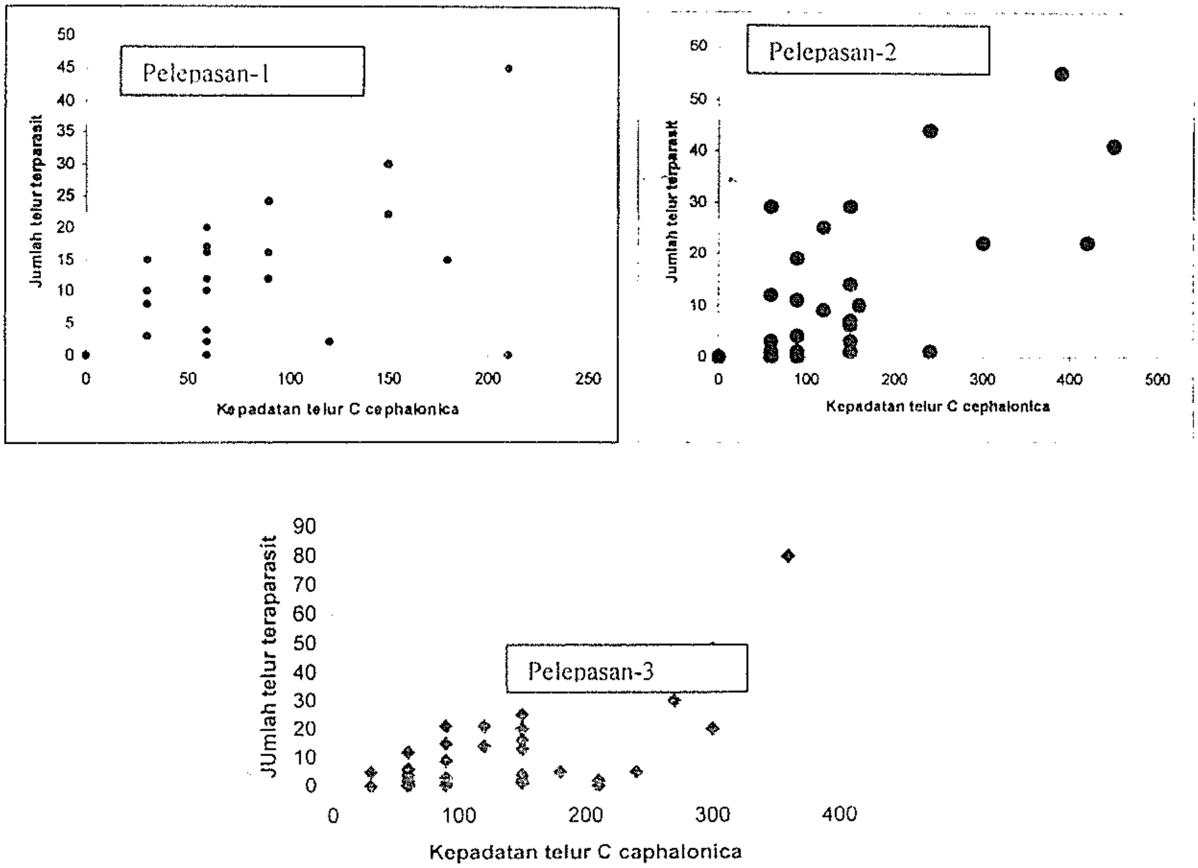
Tabel 2. Korelasi Spearman (*Spearman Rank Order Correlation*) antara kepadatan telur inang dan parasitisasi.

Inang			
	Pelepasan 1	Pelepasan 2	Pelepasan 3
C cephalonica	N=35, P<0.001, R=0.69	N=35, P<0.001, R=0.76 P=0,0048 N=27 R=0,55	N=35, P<0.003, R=0.48
H. armigera	N=35, P<0.001, R=0.54	N=35, P<0.001, R=0.75	N=35, P=0.06, R=0.32

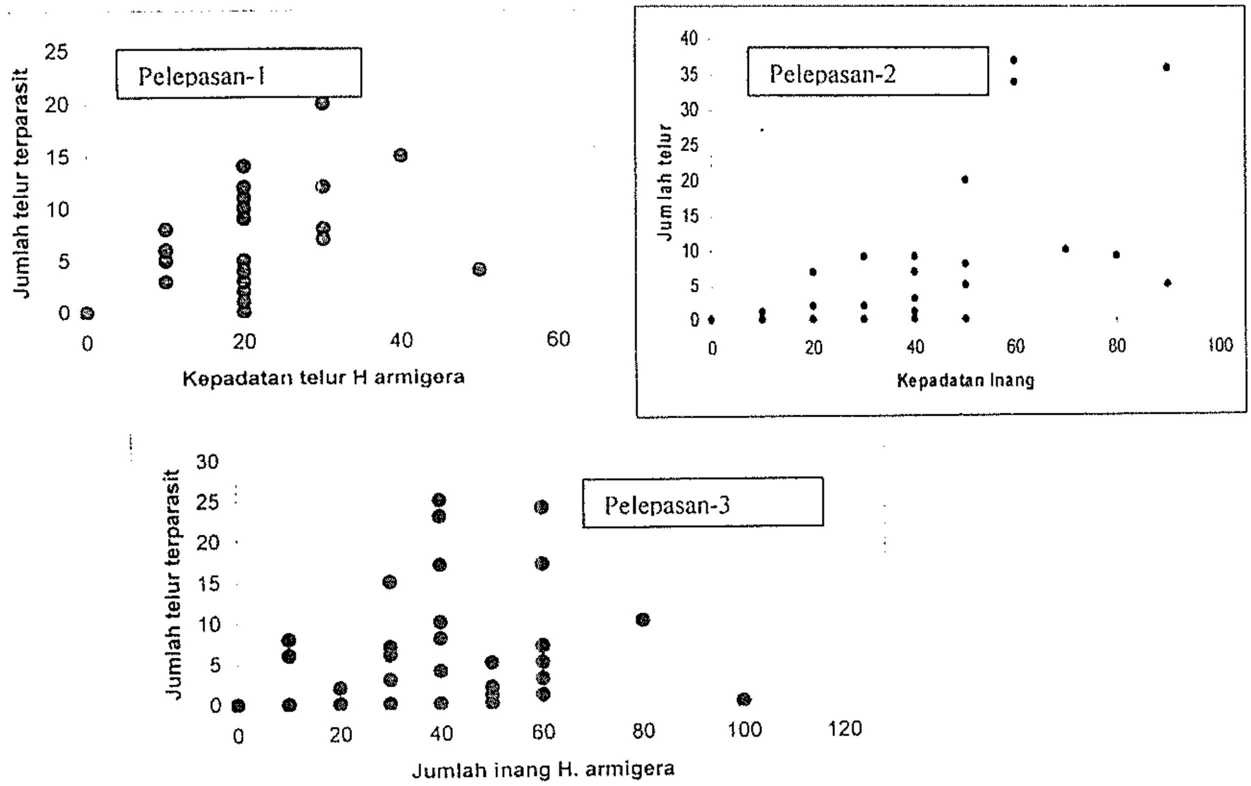
N=35 R=0,45
P 0,009

N=30
R=0,61
P/ 0,0001

N=34
R=0,28
P: 0,12.



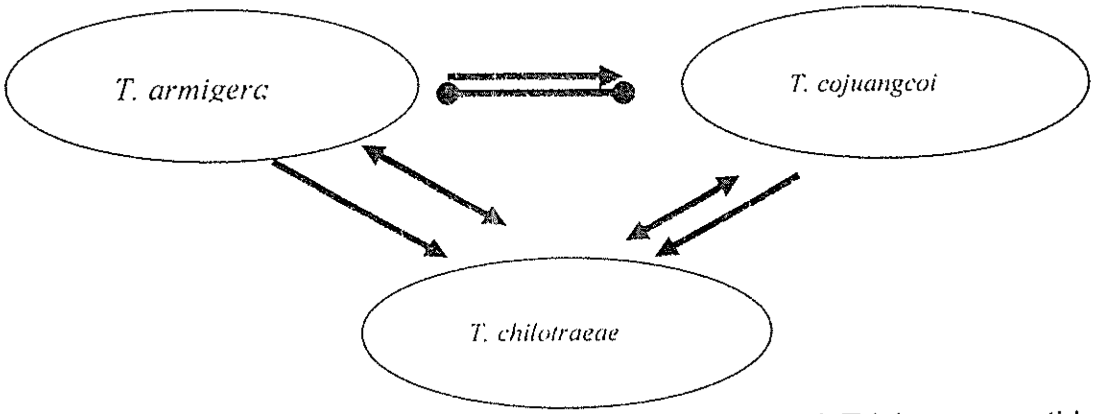
Gambar 7. Jumlah telur *C cephalonica* terparasit pada kondisi kepadatan inang berbeda



Gambar 8. Jumlah telur *H armigera* terparasit pada kepadatan inang yang berbeda

5.5.3. Parasitisasi pada berbagai perlakuan *biodiversity effect*

Hasil penelitian mengindikasikan bahwa rata-rata persentase parasitisasi di lapangan berkisar dari 0 hingga 50% pad inang *C cephalonica*, sedangkan pada inang *H armigera*, persentase parasitisasi dapat mencapai 80%. Pada perlakuan kombinasi jenis parasitoid (*biodiversity effect)* tidak secara sinergi menaikkan persentase parasitisasi, pada beberapa kasus yang terjadi justru penurunan persentase parasitisasi. Hal ini bisa dilihat pada hasil parasitisasi pada pelepasan pertama dimana persentase parasitisasi dari satu jenis parasitoid justru lebih tinggi dibandingkan dengan kombinasi. Hasil ini semakin memperkuat hipotesis bahwa keanekaragaman jenis musuh alami tidak selalu berkorelasi dengan tingginya penekanan populasi hama di lapangan. Sebaliknya karakter yang menentukan identitas parasitoid adalah yang seharusnya juga dipertimbangkan dalam pengembangan pengendalian hayati. Rendahnya tingkat parasitisasi pada perlakukan keanekaragaman parasitoid yang tinggi diduga terkait dengan fenomena **kompetisi interspesifik** dimana keberadaan spesies tertentu dalam relung yang sama justru tidak dinginkan oleh spesies lain, sehingga proses sinergi justru tidak terjadi. Sebagai contohnya adalah *Trichogrammatoidea cojuangcoi*, yang secara konsisten memberikan persentase parasitisasi yang cukup tinggi jika dipaparkan tidak bersama spesies yang lain. Namun ketika dipaparkan bersama spesies *Trichogrammatoidea armigera*, kemampuan parasitisasinya menurun bahkan kalah bersaing. *Tetapi Trichogrammatoidea cojuangcoi* secara konsisten dapat bersaing dengan *Trichogramma chilotraeae*. (lihat Tabel 3, 4,5 dan 6).



Gambar 9. Kompetisi dan sinergisme tiga spesies dari Trichogrammatidae pada relung yang sama. (interaksi ketiganya pada lokasi dan relung yang sama menurunkan parasitisasi). ←→ (sinergi), → (arah dominasi), __ (tidak bersinergi)

Secara umum terlihat bahwa persentase parasitisasi pada inang *H armigera* lebih besar dibandingkan pada inang *C. cephalonica*. Persentase tersebut bahkan bisa mencapai 80%. Hasil ini semakin meyakinkan potensi parasitoid telur untuk mengendalikan populasi *H. armigera* di lapangan.

Tabel 3. Rata-rata persentase parasitisasi pada *C. cephalonica* dan kisarannya dari berbagai perlakuan (T pelepasan-1= 28,78°C, RH=76,84, T pelepasan-3= 30, 29°C; RH:74, 70)

Perlakuan	Rata-rata persentase parasitisasi dan kisarannya (%)		
	Pelepasan 1	Pelepasan 2	Pelepasan 3
Trichogrammatoidea armigera (Ta)	15,22(6,67-33,33), n=5	3,42(0,42-9,33)n=5	3,08(0,67-8,67)n=5
Trichogramma chitraeae (Tch)	25 (13,33-33,33)n=3	2,56(0-4,44)n=5	2,22(1,11-3,33)n=5
Trichogrammatoidea cojuangcoi (Tco)	**29,26(17,78-50)n=3**	**17,28(0-48,33)n=5**	**10,67(0-23,33)n=5**
Ta X Tch	**23,22(14,67-33,33) n=3**	**10,82(5,24-18,33) n=5**	**11,51(0-22,22)n=5**
Ta X Tco	16,17(16,17)n=1	-	13,33(6,67-20)n=5
Tch X Tco	20,67(16,67-26,67) n=5	20,65(21,11-20,83) n=3	6,28(0-17,5)n=5
Ta X Tch X Tco	**2,5 (1,67-3,33) n=2**	**3,15(0-7,5)n=4**	**6,28(0-16,67)n=5**
Kontrol	0	0	0

Tabel 4. Rata-rata persentase parasitisasi pada *H. armigera* dan kisarannya dari berbagai perlakuan

Perlakuan	Rata-rata persentase parasitisasi dan kisarannya (%)		
	Pelepasan 1	Pelepasan 2	Pelepasan 3
Trichogrammatoidea armigera (Ta)	40,1 (8-55) n=5	9,34 (2,5-14,29) n=5	27(10-60) n=5
Trichogramma chitraeae (Tch)	34,17 (26,67-50) n=4	3,5(0-10) n=5	19(0-80) n=5
Trichogrammatoidea cojuangcoi (Tco)	**48,33(25-66,67) n=5**	**24,33 (0-61,67) n=5**	**7(0-25) n=5**
Ta X Tch	**32 (10-80) n=5**	**30,69 (5,56-40) n=5**	**42,4 (2-62,5) n=5**
Ta X Tco	38 (0-60) n=5	-	4,67(0-23,33)n=5
Tch X Tco	33 (15-70) n=5	11,2(0-30) n=5	15(0-28,33)n=4
Ta X Tch X Tco	**23,33 (5-45) n=4**	**18,33 (6,67-3,5) n=5**	**7,2(0-20) n=25**
Kontrol	0	0	0

5.5.4. Nisbah kelamin dan proporsi spesies

Dalam kaitannya dengan nisbah kelamin, secara umum terlihat bahwa jumlah keturunan jantan relatif lebih banyak dibandingkan dengan jumlah betina. Pada umumnya, parasitoid telur betina dari Trichogrammatidae mampu meletakkan telur baik kawin ataupun tidak kawin. Parasitoid ini bersifat haplodiploid, dimana jika telur betina dibuahi oleh sperma dari parasitoid jantan (artinya terjadi perkawinan), maka betina akan meletakkan telur yang akan menghasilkan keturunan betina. Namun jika telur betina tidak dibuahi, maka induk betina akan meletakkan telur yang akan berkembang menjadi individu jantan. Dilihat dari hasil yang diperoleh tampak bahwa keturunan betina lebih sedikit dibandingkan keturunan jantan, Hal ini berarti induk betina sebagian tidak memiliki kesempatan untuk melakukan perkawinan dengan jantan (lihat perlakuan spesies tunggal pada Tabel 5).

Pada percobaan kombinasi (*biodiversity effect*) tampak bahwa parasitoid telur *Trichogrammatoidea armigera* mendominasi ekosistem dengan memarasit lebih banyak telur perangkap dibandingkan spesies uji lainnya. Hal ini dapat dilihat pada semua perlakuan.

Tabel 5. Nisbah kelamin dan parasitisasi spesies parasitoid pada inang *C cephalonica* yang diuji pada berbagai perlakuan

Perlakuan	**Pelepasan**	**∑Telur terparasit**	∑♂	∑♀	
Ta	Pelepasan1	9.6	6.2	0	
	Pelepasan2	5.2	3.4	1.8	
	Pelepasan3	5	4.8	1.4	
Tch	Pelepasan1	7.8	5.4	0.2	
	Pelepasan2	1.8	1.6	0.4	
	Pelepasan3	1.6	1.2	0	
Tco	Pelepasan1	8.6	5.2	1	
	Pelepasan2	15.8	9.6	5.6	
	Pelepasan3	12.2	4.8	6	
		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑T. Chilotraeae	
Ta X Tch	Pelepasan1	28.2	16.6	8.4	
	Pelepasan2	36.8	14.8	7	
	Pelepasan3	31.4	7.4	4	
		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑T. Cojuangcoi	
Ta X Tco	Pelepasan1	2	2	0	
	Pelepasan2	0	0	0	
	Pelepasan3	12	4.8	2.6	
Tch X Tco		∑Telur terparasit	∑T. Cojuangcoi	∑T. Chilotraeae	
	Pelepasan1	9.8	7.8	2	
	Pelepasan2	11.2	3	2	
	Pelepasan3	31.4	7.4	4	
Ta XTch X Tco		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑T. Chilotraeae	∑T.Cojuangcoi
	Pelepasan1	0.8	0.4	0	0.4
	Pelepasan2	1.8	0.8	0	0
	Pelepasan3	6	3.2	1.4	0.8

Tabel.6 Nisbah kelamin dan parasitisasi spesies parasitoid pada inang *H armigera* yang diuji pada berbagai perlakuan

		∑Telur terparasit	∑♂	∑♀	
Ta	Pelepasan1	8.4	5	0.6	
	Pelepasan2	6.6	4.4	2.2	
	Pelepasan3	5	4.8	1.4	
Tch	Pelepasan1	4.8	2.6	0	
	Pelepasan2	2.8	2.8	2	
	Pelepasan3	1.6	0.8	0	
Tco	Pelepasan1	13	3.2	1.2	
	Pelepasan2	12.6	7.8	4.8	
	Pelepasan3	3.2	2.6	2	
		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑ T. Chilotraeae	
Ta X Tch	Pelepasan1	3.6	1.2	0	
	Pelepasan2	20.8	2.6	0	
	Pelepasan3	17.6	1	0	
		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑ T. Cojuangcoi	
Ta X Tco	Pelepasan1	6.6	4.8	0.6	
	Pelepasan2	0	0	0	
	Pelepasan3	0	0	0	
Tch X Tco		∑Telur terparasit	∑T. Cojuangcoi	∑ T. Chilotraeae	
	Pelepasan1	5.4	5.2	2.4	
	Pelepasan2	4.4	0	0	
	Pelepasan3	6	1.6	0.6	
Ta XTch X Tco		∑Telur terparasit	∑T. armigera	∑ T. Chilotraeae	∑T.Cojuangcoi
	Pelepasan1	4.2	1.6	0	0.2
	Pelepasan2	5.4	0.6	0	0
	Pelepasan3	2	2	0	0

5.6. Uji Pendahuluan Kuantitas Pelepasan (brelanjut ke tahun ke-2)

Uji pendahuluan ini dirancang dan dilakukan untuk mempelajari kemampuan parasitisasi *T. Armigera* yang dikondisikan pada ruang yang lebih luas. Selama ini uji parasitisasi di laboratorium diukur dengan pemaparan parasitoid dalam tabung gelas. Dalam pengujian ini, pemaparan dilakukan pada kurungan plastik dengan telur inang yang ditempelkan pada tumbuhan inang. Uji ini difokuskan untuk menduga jumlah parasitoid yang harus dilepaskan sehingga mendapatkan tingkat parasitisasi yang diinginkan. Uji yang dirancang adalah uji pemaparan berbagai kepadatan parasitoid dan inang untuk mendapatkan angka pendugaan parasitisasi. Hingga laporan ini ditulis, pengujian pendahuluan masih berjalan. Berdasarkan hasil uji ini diketahui bahwa jumlah telur inang terparasit dari berbagai kepadatan betina parasitoid sangat rendah. Hasil pengujian ini akan digunakan sebagai landasan untuk penelitian tahun ke-2 (uji kuantitas parasitoid dalam augmentasi)

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pada penelitian tahun pertama ini telah dihasilkan suatu informasi yang sangat penting, bahwa identitas spesies parasitoid lebih berperan dalam mengendalikan populasi hama dibandingkan dengan keanekaragaman jenis parasitoid (*biodiversity effects*). Hasil ini sekaligus dapat menjadi argumentasi yang menentang hipotesis *biodiversity effect* bahwa keanekaragaman jenis berkorelasi positif dengan penekanan populasi hama di lapangan. Hubungan interspesifik antara tiga spesies yang diuji yang mungkin bersifat negatif antara satu dengan lainnya diduga menjadi salah satu faktor yang berpengaruh. Penelitian ini juga mencatat bahwa *Trichogrammatoidea armigera* lebih mendominasi relung dibandingkan *Trichogrammatoidea cojuangcoi* dan *Trichogramma chilotraeae.* Penelitian ini juga menemukan bahwa faktor lingkungan seperti predator dapat memangsa sebagaian telur-telur perangkap yang dipasang di lapang, dan ini mengindikasikan adanya elemen ekologi yang juga bekerja dalam agroekosistem dalam mengendalian populasi hama.

Melihat hasil ini, disarankan dilakukan pengujian lebih lanjut untuk melihat pola interaksi tiga jenis parasitoid yang diuji dengan meniadakan faktor lingkungan yang mungkin berpengaruh. Uji ini bisa dilakukan pada skala kecil, yaitu laboratorium untuk mempermudah pengamatan yang lebih mendetail. Jika ini bisa dilakukan maka, hasil uji lapangan akan lebih kuat sebagai landasan untuk membangun model augmentasi parasitoid yang efisien dan berhasil guna.

VII. RENCANA/ PENELITIAN TAHAP SELANJUTNYA

7.1 Tujuan Khusus

Berdasarkan hasil penelitian tahun ke-pertama diketahui bahwa pelepasan kenakeragaman jenis parasitoid justru menurunkan persentase parasitisasi. Kompetisi interspesifik baik dalam konteks ruang, makanan dan mungkin melibatkan interaksi kimia diduga menyebabkan menurunnya parasitisasi. Namun demikian dalam pe

nelitian tersebut, percobaan dilakukan di lapangan yang dikondisikan secara alami, sehingga banyak sekali faktor lingkungan yang terlibat dalam pengendalian hayati. Untuk memperkuat hasil penelitian dan hipotesis yang dihasilkan dari tahun I, pada tahun ke-2 akan ditambahkan kegiatan laboratorium untuk melihat lebih jauh *biodiversity effects* dengan meniadakan faktor lingkungan dan sekaligus untuk mempelajari pola interaksi yang terjadi antar ketiga spesies yang diuji. Inti dari kegiatan tahun ke-2 adalah untuk melanjutkan langkah berikutnya dalam kerangka membangun model augmentasi yang tepat, yaitu menguji kuantitas parasitoid yang akan dilepaskan untuk augmentasi dan melihat mekanisme pemencarannya. Jadi Tujuan khusus penelitian tahun ke-2 ini adalah:

1. Mempelajari *biodiversity effect* tanpa adanya faktor lingkungan sehingga pola interaksi antar spesies parasitoid yang diuji bisa diketahui
2. Mempelajari aspek kuantitas parasitoid dalam augmentasi
3. Mempelajari pemencaran parasitoid.

7.2. Metode Penelitian

7.2.1 Uji biodiversity effects dengan meniadakan faktor lingkungan.

Pengujian biodiversity effect untuk skala laboratorium akan dilaksanakan dengan memaparkan parasitoid dari tiga spesies pada 100 telur perangkap dalam kurungan plastik yang didalamnya terdapat tanaman kedelai. Kurungan plastik berbentuk tabung dengan tinggi 65 cm dan diameter 22 cm. Dalam percobaan ini akan dilakukan tiga perlakuan: 1) kontrol (tidak ada parasitoid yang dimasukkan dalam kurungan), 2) kekayaan spesies rendah (hanya satu spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan), 3) kekayaan spesies tinggi (3 spesies parasitoid dimasukkan dalam kurungan). Untuk setiap kurungan, akan dimasukkan parasitoid dengan kuantitas 30 ekor (rasio inang-parasitoid: 1:3) . Pada perlakuan kekayaan spesies rendah, setiap spesies parasitoid yang diuji akan diulang 10 kali (n=15), sedangkan untuk perlakuan kontrol dan kekayaan spesies tinggi akan diulang 10 kali. Secara umum rancangan pelepasan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

a. Pepasan satu jenis parasitoid: A=Trichogrammatoidea armigera, B=Trichogramma Chilotrae, C= Trichogrammatoidea cojuangcoi. Masing-masing 5 ulangan.
b. Pelepasan dengan kekayaan rendah: A=Trichogrammatoidea armigera vs Trichogramma chilotrae, B: Trichogrammatoidea vs Trichogrammatoidea cojuangcoi, C, Trichogrammatoidea cojuancoi vs Trichogramma chilotrae.
c. Pelepasan dengan kekayaan tinggi: kombinasi tiga spesies di atas.

Percobaan ini dilakukan untuk melihat apakah keanekaragaman memberikan pengaruh pada persentasi parasitisasi, atau justru identitas parasitoidlah yang lebih berperan dalam keberhasilan augmentasi. Persentase parasitisasi dihitung dengan membagi jumlah inang terparasit dengan inang yang masih tersedia di lapangan (tidak dimakan oleh predator) dikalikan 100%. Persentase telur yang terparasit akan dibandingkan antar perlakuan menggunakan uji ANOVA dan uji lanjut Duncan pada taraf kepercayaan 95%. Apakah identitas parasitoid atau keanekaragaman parasitoid yang berperan dapat dilihat dari jenis-jenis parasitoid yang muncul dari telur-telur inang terparasit serta kelimpahannya.

7.2.2.Percobaan Augmentasi

7.2.2.1. Persiapan lahan

Lahan yang digunakan adalah pertanaman kedelai yang terbagi-bagi menjadi petak-petak perlakuan. Pertanaman kedelai yang digunakan adalah kedelai yang telah mencapai masa generatif. Setiap petak pertanaman kedelai berukuran 30 x 30 m, dengan jarak antar petak minimal 5 m. Secara keseluruhan terdapat 5 petak pertanaman kedelai yang akan digunakan untuk percobaan augmentasi.

7.2.2.2. Uji pendahuluan

Uji per dahuluan dilakukan untuk melihat kuantitas yang sesuai untuk augmentasi sehingga mendapatkan tingkat parasitisasi yang optimal. Percobaan dilakukan dengan pemaparan inang-parasitoid dengan rasio yang berbeda-beda, 25:5; 50:10; 100:25, 100:100. Pemaparan dilakukan pada kurungan plastik seperti pada percobaan 7.1. Sebagian uji pendahuluan sudah dilakukan pada tahun -1, sehingga untuk tahun ke-2 ini tinggal melanjutkan. Jumlah telur terparasit akan dibandingkan antar perlakuan dengan ANOVA dan uji lanjut dengan uji Duncan pada selang kepercayaan 95%.

7.2.2.3. Pelaksanaan pengujian augmentasi.

Percobaan augmentasi dilakukan dengan melepaskan sejumlah parasitoid pada pertananaman kedelai. Pada percobaan ini, akan dilakukan tiga perlakuan, yaitu pelepasan dengan kuantitas 600, 1000, dan 1400 parasitoid per petak lahan. Pelepasan akan dilakukan sebanyak tiga kali dengan selang waktu satu minggu. Untuk melihat bagaimana pengaruh berbagai kuantitas parasitoid ini pada parasitisasinya, maka akan ditempatkan telur perangkap dengan jumlah yang sama untuk setiap petak perlakuan, yaitu 5000 telur per petak. Setiap hari telur perangkap akan diganti dengan yang baru. Penggantian telur perangkap akan dilakukan hingga dua minggu setelah pelepasan terakhir. Hal ini dilakukan untuk melihat persistensi parasitoid di lapangan. Telur-telur perangkap tersebut kemudian dibawa ke laboratorium untuk dipelihara. Telur-telur yang terparasit akan berubah warna menjadi lebih gelap, sehingga dengan cepat dapat diidentifikasi persentase parasitisasinya di lapang. Data dari tahun kedua akan diolah dengan *multivariate analysis* dan ANOVA .

7.2.2.4 Analisis pemencaran parasitoid

Analisis pemencaran sangat penting untuk melihat bagaimana parasitoid ini memencar. Mekanisme pemencaran ini dapat digunakan untuk memprediksi keefektifan parasitoid di lapangan dalam mengendalikan inangnya. Sebanyak 5000 telur perangkap yang akan dipasang pada setiap petak, penempatannya dirancang melingkar tiga lapis pada jarak yang berbeda dari pusat pelepasan. Lapis pertama berjarak 3 meter, kedua adalah 7 meter, dan ke tiga adalah 10 m. Pemencaran parasitoid diukur dengan menghitung jumlah telur yang terparasit pada setiap jarak penempatan telur perangkap. Pemencaran parasitoid dihitung dengan statistika distribusi poison:

$I = S^2/X$	$I>1$ berarti mengelompok
I = Indeks pemencaran	$I=1$ berarti reguler
s^2 = Ragam	$I<1$ berarti acak
x = Rerata	

Rencana kegiatan Tahun II

No	Kegiatan/ Penanggung Jawab	Bulan									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Pembiakan serangga uji	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	Uji Pendahuluan (Peneliti Utama)	X	X	X							
3	Uji biodiversity effect dalam lab./Peneliti Utama	X	X	X	X						
4	Penyiapan Lahan Percobaan /Peneliti anggota		X	X	X	X					
5	Uji Augmentasi/Peneliti anggota					X	X	X			
6	Analisis Pemencaran/ Peneliti Anggota					X	X	X			
7	Analisis data dan laporan/Peneliti Utama							X	X	X	X

Daftar Puataka

Alba, M.C. 1988. Trichogrammatids in The Philipines. Philipp. Ent. 7(3): 253-271.

Altieri MA. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystem and Environment 74:19-31.

Altieri, Nicholls CI. 2004. Designing species-rich, pest suppressive agroecosystems through habitat management *In* Agroecosystem Analysis, D Rickerl, Francis, eds. Madison: American Society of Agronomy. Pp. 49-62.

Borror D, Triplehorn CH, Johnson NF. 1982. *An Introduction to The Study of Insects*. Ohio: Saunders College Publising.

Clarke SR, Negron JF, Debarr GL. 1992. Effects of four pyrethroids on scale insect (Homoptera) populations and their natural enemies in loblolly and shortleaf pine seed orchards. J. Econ. Entomol. 85:1246-1252.

Clercq, P.D, J.Mohaghegh, & L. Tirry. 2000. Effect of host plant on the functional response of the predator Podisus nigrispinus (Heteroptera: Pentatomidae). Bio. Cont. 18, 65-70

Cory ST, Snyder WE. 2006. Species identity dominates the relationship between predator biodiversity and herbivore suppression. Ecology. 87(2):277-282.

DeBach P, Rose, M. 1977. Environmental upsets caused by chemical eradication. Calif. Agric. 31:8-10.

Gouled H, Huber JT. 1993. *Hymenoptera of the World: An Identification guide to families*. Ontario (Canada): Minister of Suply and Services.

Herlinda, S. 1995. Kajian *Trichogrammatoidea bactrae bactrae* Nagaraja Hymenoptera: Trichogrammatidae), parasitoid telur *Etiella zinckenella* Treitschke (Lepidoptera: Pyra-lidae). Program Pascasarjana. IPB. Bogor. Tesis S-2. 60p.

Jones, SL, Morrison RK, Ables JR, Bouse LF, Carlton JB and Bull DL. 1979. New techniques for the aerial releases of Trichogramma pretiosum. The Southwestern Entomologist. 4: 14-19.

Kalshoven LGE. 1981. The Pest of Crop in Indonesia. Revised and Translated by P.A.van der Laan. PT. Ichtiar Baru-van Hoeve, Jakarta.

Klein AM, Steffan-Dewenter I, Buchori D, Tschrantke, T. 2002. Effect of land-use intensity in tropical agroforestry systems on coffee-flower visiting and trap-nesting visiting bees and wasps. Conservation Biology 16: 1003-1014

Kruess A, Tscharntke T. 1994. Habitat fragmentation species loss, and biological control. Science 264: 1581-1584.

Kruess A, Tscharntke T. 2000. Effect of habitat fragmentation on plant-insect communities. Di dalam: Ekbom *et al.*, editor. Interchange of Insect. Netherlands : Kluwer Academic Publisher. Hlm 53-70.

Lee JC, Menalled FD, Landis DA. 2001. Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. J. Appl. Ecol. 38:472-483.

Loreau MS, Naeem PI, Bengtsson J, Grime JP, Hector A, Hooper DU, Huston MA, Raffaelli D, Schimd B, Tilman D, Wrdle DA. 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. Science 294: 804-808.

Marwoto & Supriyatin. 1999. Efikasi Parasitoid Telur Trichogrammatoidea bactrae-bactrae Untuk Pengendalian Hama Penggerek Polong Etiella spp. Pada Tanaman Kedelai. Edisi Khusus Balitkabi (13): 221-227

Menalled FD, Marino PC, Gage SH, Landis DA. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? Ecollogical Application, 9:634-641.

Munyaneza, J & J.J.Obrycki. 1997. Functional response of Coleomegilla maculata (Coleoptera: Coccinelidae) to Colorado Potato Beetle Eggs (Coleoptera: Chrysomelidae). Bio. Cont. 8, 215-224.

Nagarkatti, S. dan H. Nagaraja. 1977. Biosystematics of *Trichogramma* and *Tricho-grammatoidea* Species. Ann. Rev. Entomol, 22: 157-176.

Nurindah dan O. S. Bindra. 1989. Studies on *Trichogramma* spp. (Hymenoptera : Trichogrammatidae) in the Control of *Heliothis armigera* (Hubner) (Lepidoptera : Noctuidae). Biotrop. Spec. Publ. 36: 165-173.

Nurindah, Subiyakto and T. Basuki, 1993. The effectiveness of Trichogrammatoidea armigera N. release in the control of cotton bollworm Helicoverpa armigera (Hubner). Indust. Crops. Res. J.5 (2): 5-8

Pimentel D. 1961. Species diversity and insect population outbreaks. Annals of the Entomological Society of America 54:76-86.

Pinto, J. D.. 1995. Hand Out of *Trichogramma* Identification Workshop. Brisbane, Australia. (Unpubhlished).

Samways MJ. 1994. Insect conservation biololgy. Chapman and Hall, London.

Sokal RR, Rohlf FJ. 1995. *Biometry: the principles and practice of statistic in biological research.* New York: Freeman and Company.

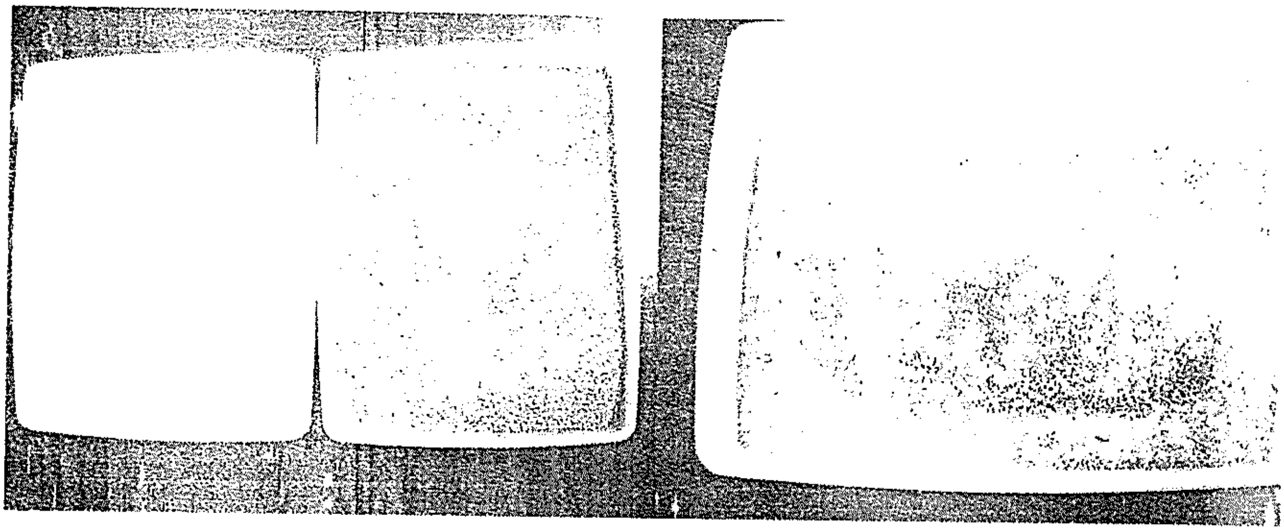
StatSoft. 1997. Statistica for Windows, 5.5. StatSoft Inc., Tulsa.

Stinner, R.E., R.L. Ridgway, J.R. Coppedge, R.K. Morrison and W.A. Dickerson. 1974. Parasitism of *Heliothis* eggs after field releases of *Trichogramma pretiosum* in cotton. Environ. Entomol. 3:397-500

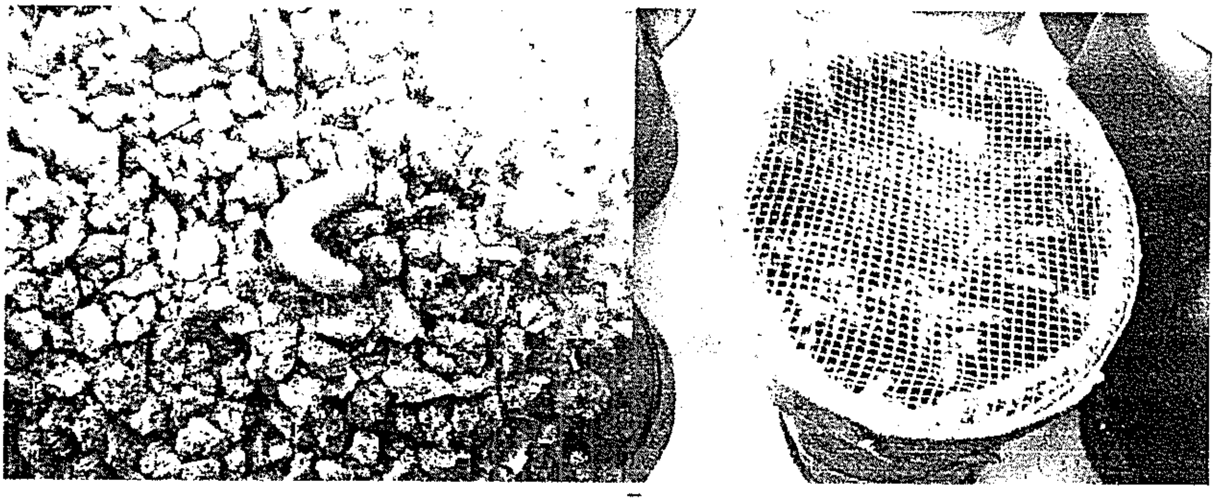
Tooker JF, Hanks LM. 2000. Flowering plant host of adult hymenopteran parasitoids of central Illinois. Conservation Biology and Biodiversity. Ann. Entomol. Soc.Am. 93 (3): 580-588.

Wang, B & D. Fero. 1998. Functional response of *Trichogramma ostriniae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Pyralidae) Under Laboratory and Field Conditions). Environ. Entomol 27(3);752-758

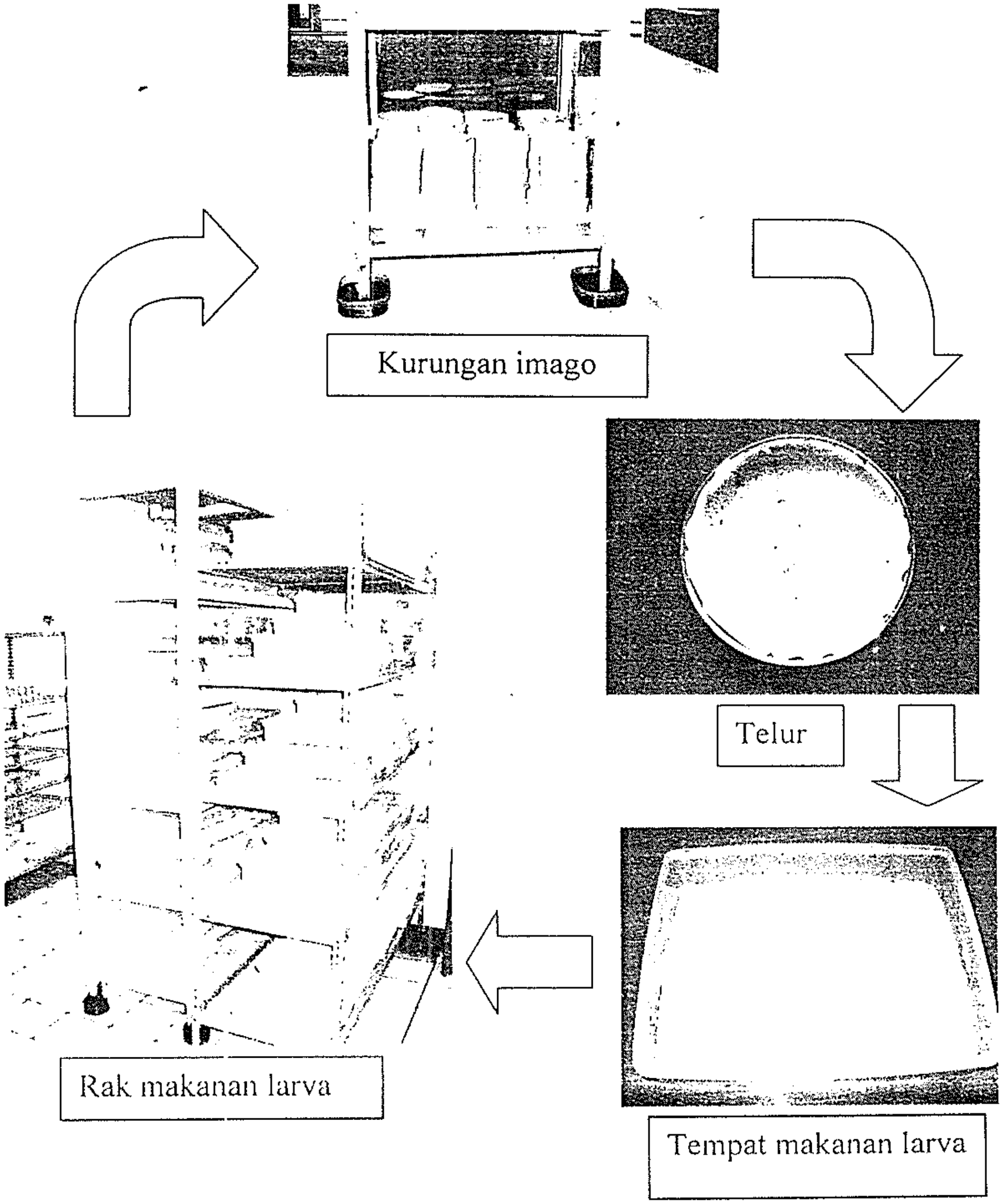
LAMPIRAN



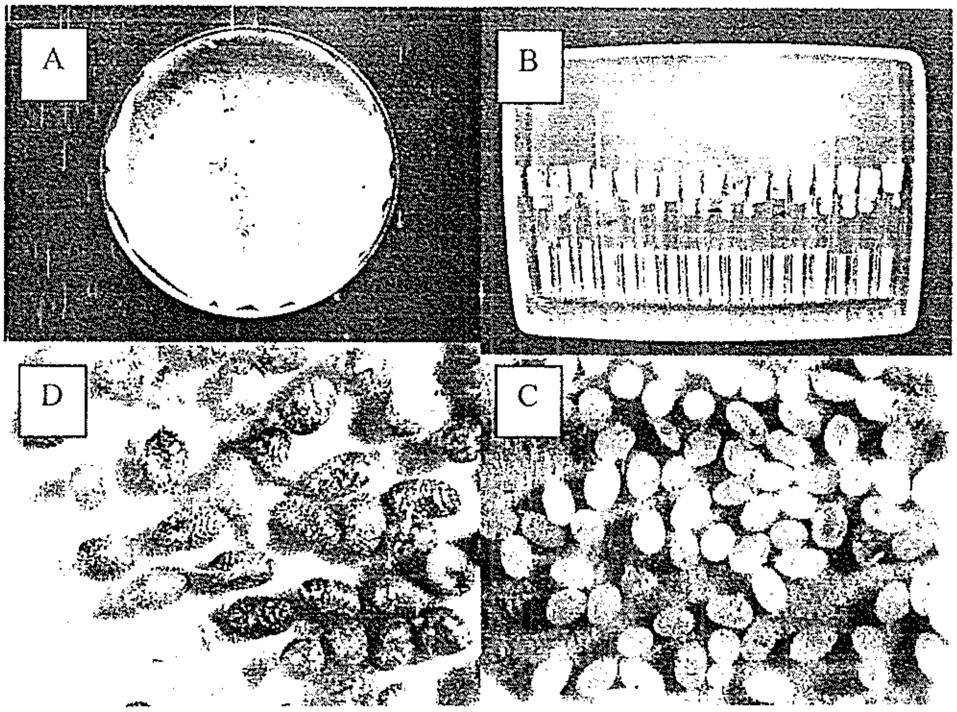
Gambar Lampiran 1.1. Bahan untuk pembiakan *C cephalonica*, dedak jagung dan pur (2:1)



Gambar Lampiran 1.2. Larva *C cephalonica dan* tempat peneluran

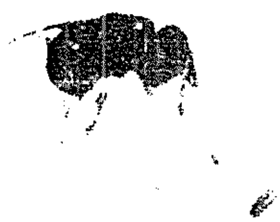


Gambar Lampiran 1.3. Diagram perbanyakan *C. cephalonica*



Perbanyakan Trichogramma : A. telur-telur Corcyra; B. telur-telur Corcyra yang dilengketkan pada pias di dalam tabung reaksi; C. tampakan dari dekat telur Corcyra yang belum terparasit; D. tampakan dari jarak dekat telur Corcyra yang sudah terparasit. Dari D ini akan keluar imago Trichogramma.

Gambar Lampiran 1.4. Perbanyakan parasitoid *Trichogrammatoidea* dengan inang *C cephalonica*

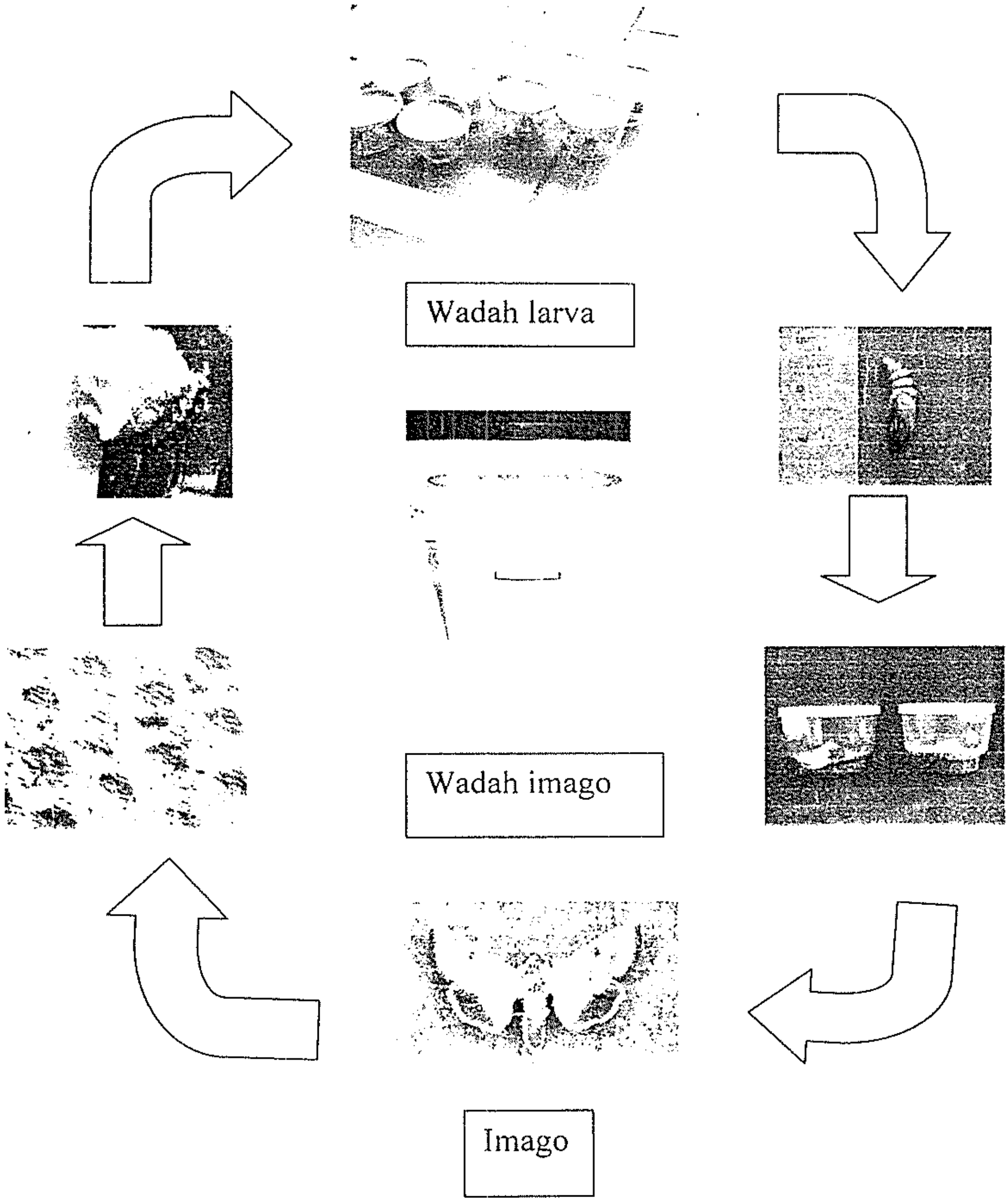


Seekor imago *Trichogrammatoidea* sedang memarasit sebuah telur *Corcyra*

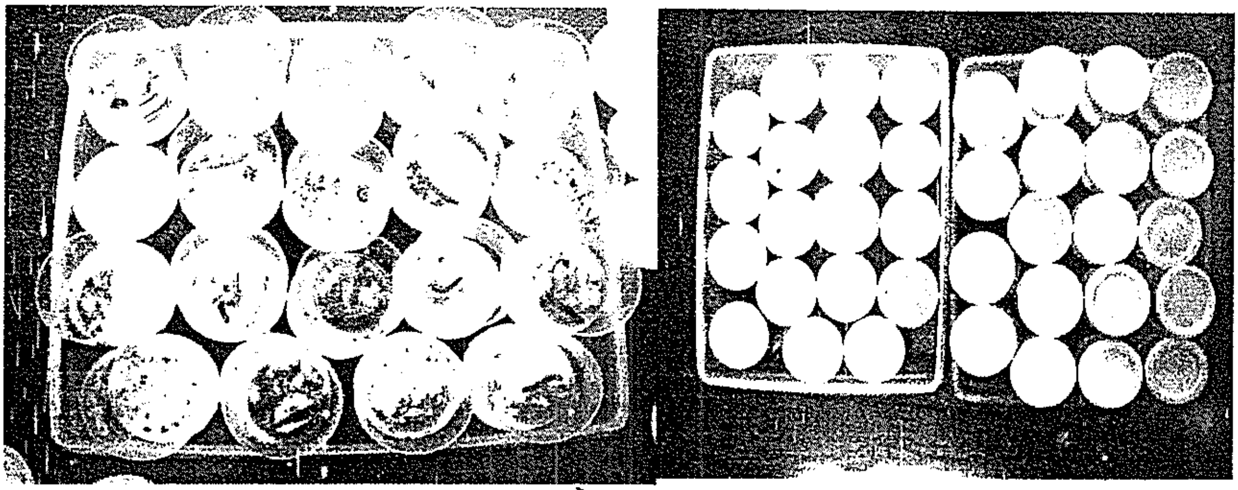
Gambar Lampiran 1.5. Perilaku parasitoid *Trichogrammatoidea* ketika sedang memarasit inang *C cephalonica*

Gambar Lampiran 1.6. Proses pemanenan telur *C cephalonica*

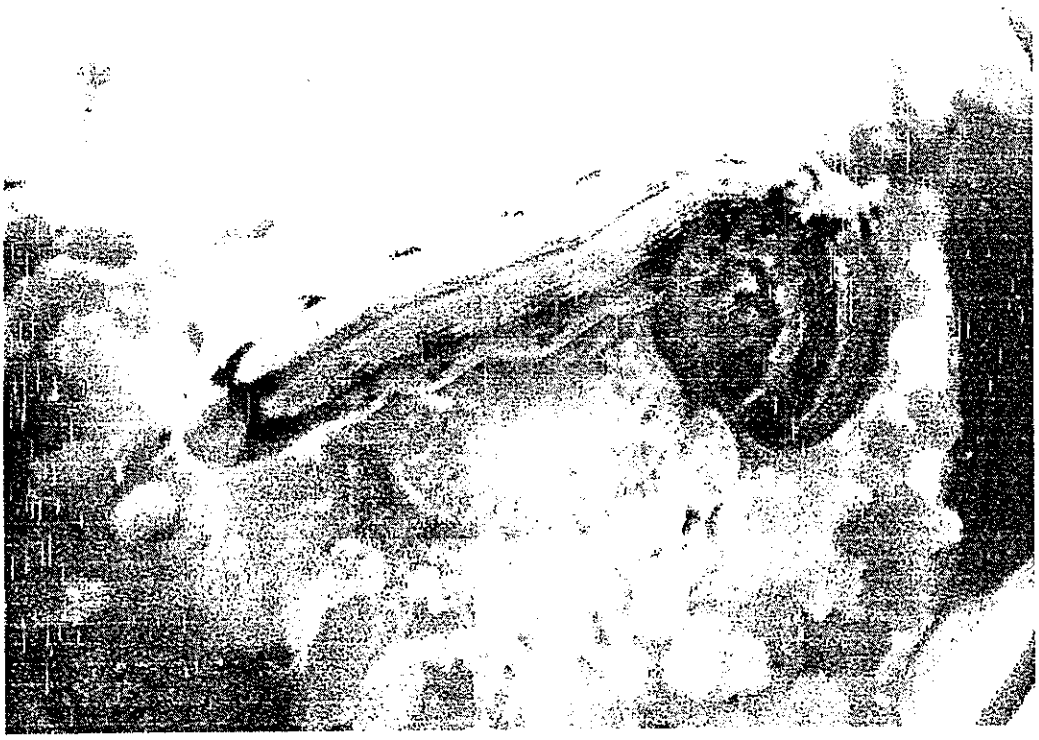
Gambar Lampiran 1.7 Proses pembiakan dan identifikasi parasitoid.



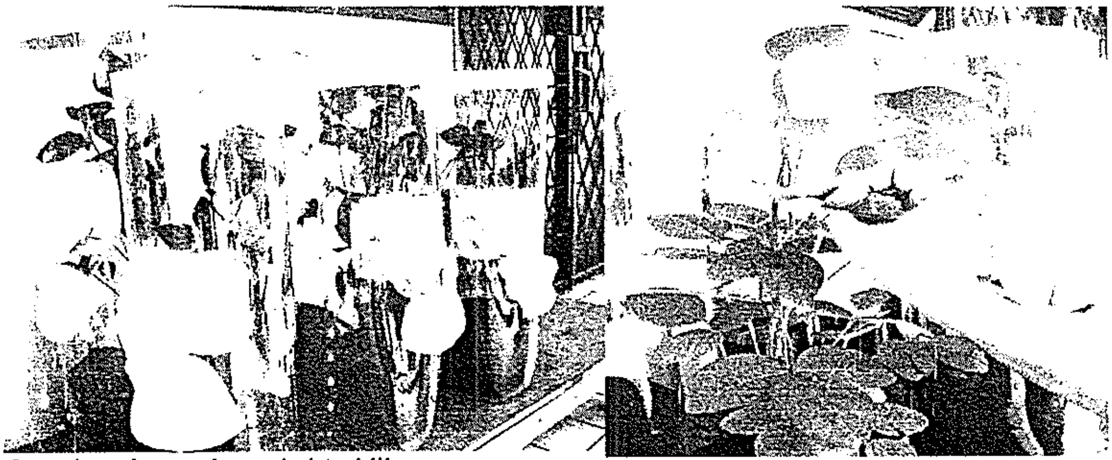
Gambar Lampiran. 1.8. Diagram perbanyak *H. armigera*.



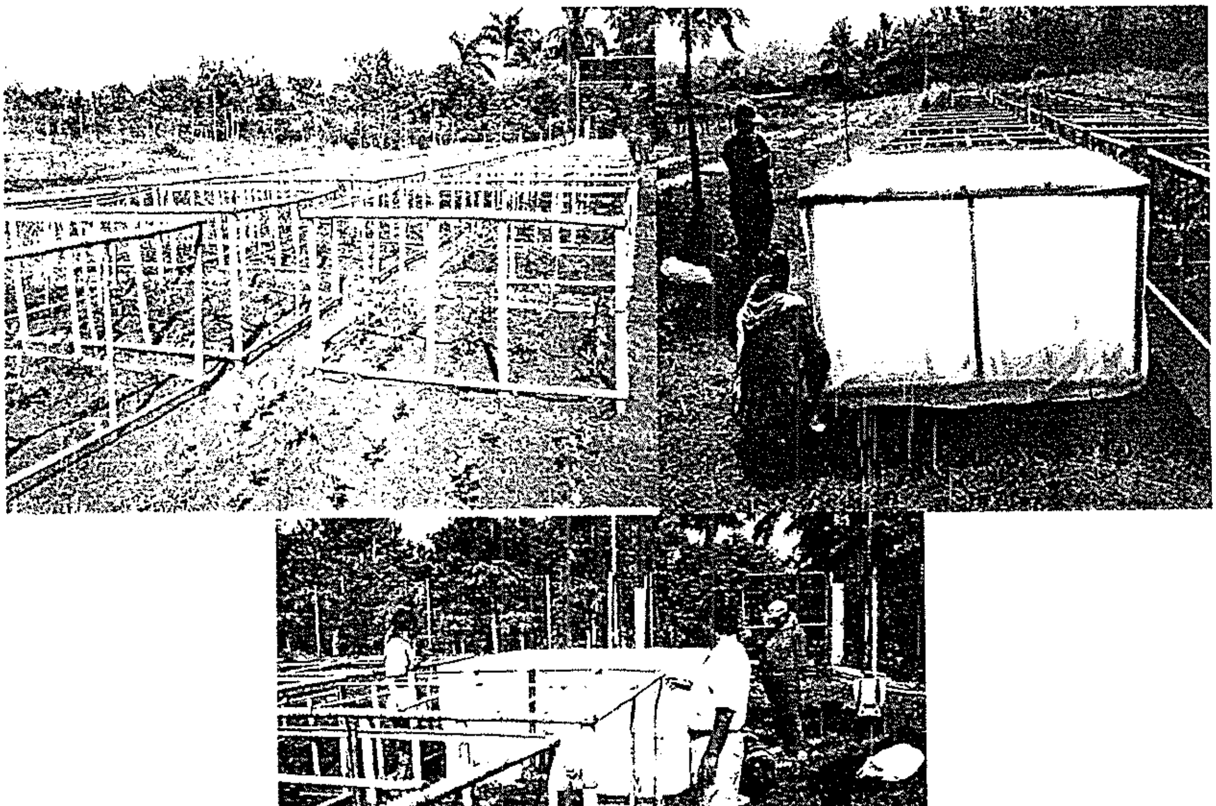
Gambar Lampiran 1.9. Pemeliharaan larva *H armigera*



Gambar Lampiran 1.10. Larva H armigera.

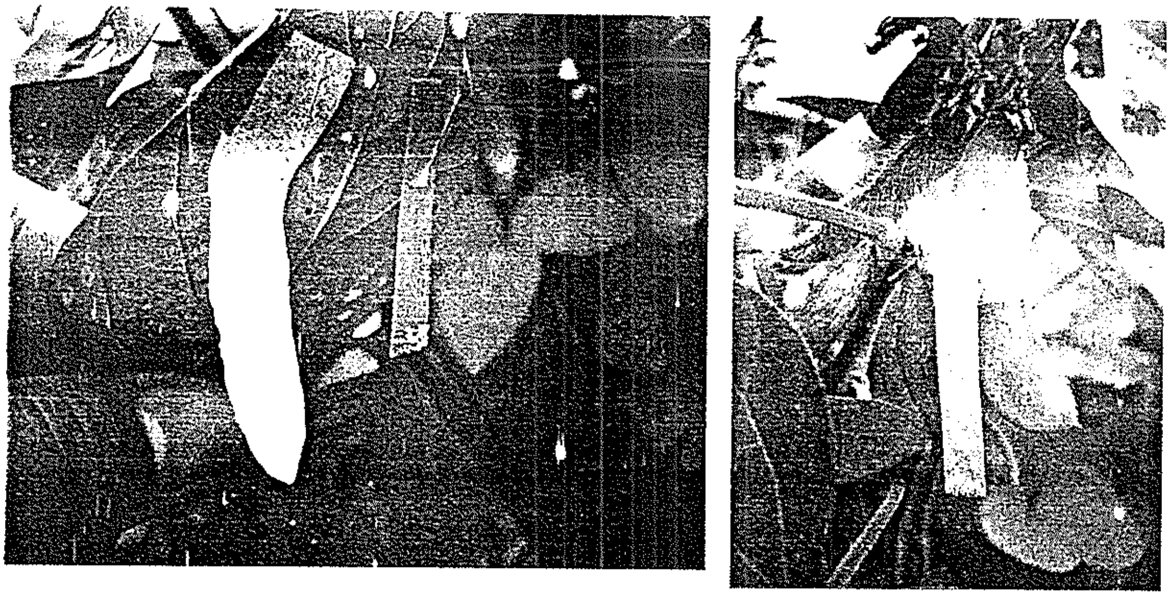


Gambar Lampiran 1.11. Uji
pendahuluan pemaparan parasitoid dan pemasangan telur perangkap



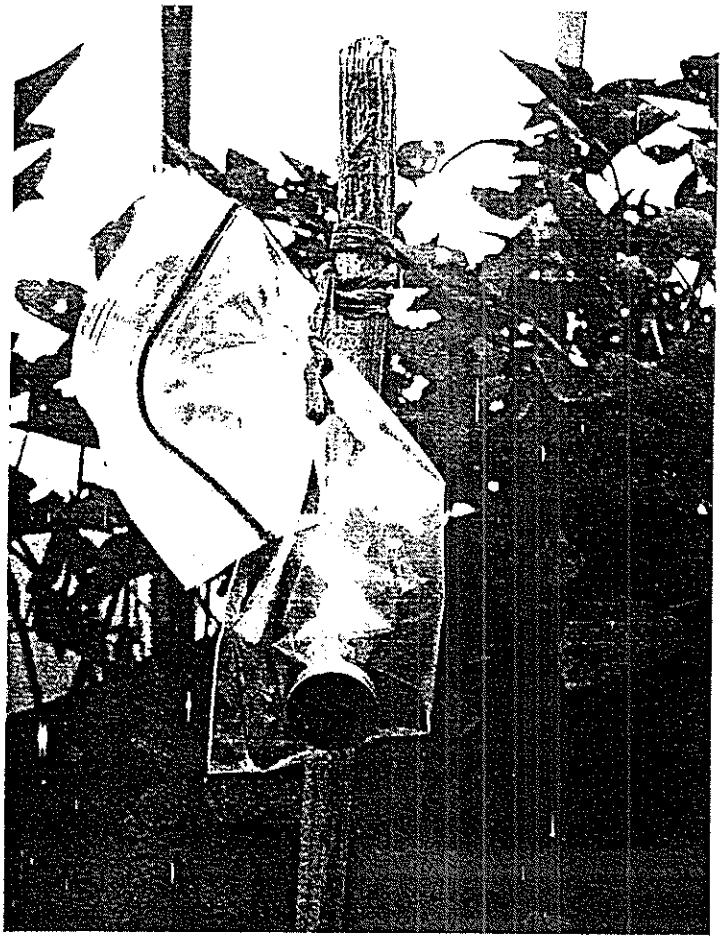
Gambar Lampiran 1.12. Rancangan persiapan pelepasan , percobaan pemasangan kurungan untuk pelepasan parasitoid, Diskusi di lapangan saat perancangan metode pelepasan

Gambar Lampiran 2.1. Persiapan pelepasan parasitoid

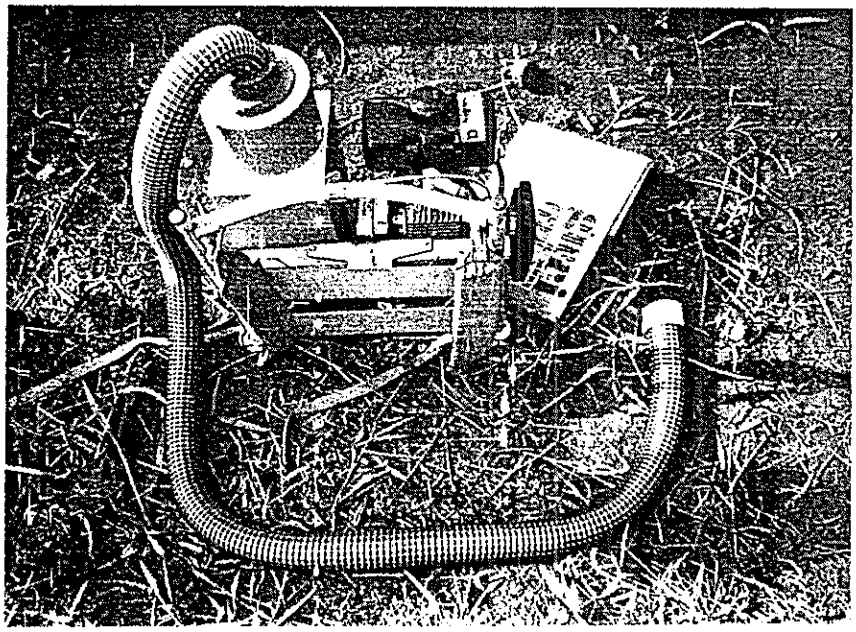


Gambar Lampiran 2.2. Pemasangan pias telur perangkap pada daun dan pada polong

Gambar Lampiran2.3.PelepasanParasitoid



Gambar Lampiran 2.4.
Alat pengukur suhu



Gambar Lampiran 2.5.
Alat Vacum serangga

Gambar Lampiran 2.6. Proses Vacum serangga

Gambar Lampiran 2.7. Serangga yang telah terkumpul dalam kantong hasil Vacum.

Tabel Lampiran 1.. Koleksi Parasitoid Telur Pada Pertanaman Kedelai

Lokasi	Tanggal pengambilan	Total telur yang diperoleh
Semplak	17 Maret 2007	Tidak ada
Citayam	17 Maret 2007	Tidak ada
Megamendung	18 April 2007	5 butir telur *H armigera*
Megamendung	8 Mei 2007	38 butir telur *H armigera*
Cibanteng	14 Mei 2007	Tidak ada
Cimanggu	27 Mei 2007	Tidak ada

Tabel Lampiran 2. Eksplorasi parasitoid telur dari *H armigera* di lapangan (18 April 2007)

Telur ke-	Jantan	Betina	Lama hidup (hari)	Anakan/generasi	Genus
1	1	1	4	F4	Trichogrammatoidea
2	3	0	4	Punah	Trichogrammatoidea
3	1	1	5	F4	Trichogrammatoidea
4	1	1	4	F4	Trichogrammatoidea
5	1	1	4	F2 (tidak ada keturunan lagi).	Trichogrammatoidea

Tabel Lampiran 3. Eksplorasi parasitoid telur dari *H armigera* di lapangan (8 Mei 2007)

Telur ke-	Jantan	Betina	Anakan/generasi	Genus
1	1		Punah	Trichogrammatoidea
2	1	1	F1	Trichogrammatoidea
3		1	Punah	Trichogrammatoidea
4	1		Punah	Trichogrammatoidea
5	1	1	F1	Trichogrammatoidea
6	1	1	F1	Trichogrammatoidea
7	1		Punah	Trichogrammatoidea
8	1	1	F2	Trichogrammatoidea
9	1		Punah	Trichogrammatoidea
10	2		Punah	Trichogrammatoidea
11	1		Punah	Trichogrammatoidea

12	1		Punah	Trichogrammatoidea
13	1	1	F1	Trichogrammatoidea
14	1	1	F1	Trichogrammatoidea
15	-	-	-	Gagal menetas
16	-	-	-	Gagal menetas
17	-	-	-	Gagal menetas
18	-	-	-	Gagal menetas
19	-	-	-	Gagal menetas
20	-	-	-	Gagal menetas
21	-	-	-	Gagal menetas
22	-	-	-	Gagal menetas

Tabel Lampiran 4. *Female line* Parasitoid dari lapang yang dibiakkan di laboratorium

Populasi Female line	Status generasi
Ma1	F4
Ma2	F4
Ma3	F4
Ma4	F2-punah
Mb1	F1
Mb2	F1
Mb3	F1
Mb4	F2
Mb5	F1
Mb6	F1

Tabel 5. Pemaparan parasitoid 5 individu parasitoid pada 25 butir inang

Ulangan	Jumlah Imago Betina Parasitoid	Jumlah Telur Inang yang dipaparkan	Jumlah Telur terparasit	Jumlah Jantan	Jumlah Betina	Mati Pradewasa
1	5	25 Butir	0	0	0	0
2	5	25 Butir	0	0	0	0
3	5	25 Butir	0	0	0	0
4	5	25 Butir	0	0	0	0
5	5	25 Butir	5	3	6	0
6	5	25 Butir	0	0	0	0
7	5	25 Butir	0	0	0	0
8	5	25 Butir	0	0	0	0
9	5	25 Butir	0	0	0	0
10	5	25 Butir	0	0	0	0

Tabel 6. Pemaparan 10 betina parasitoid pada 50 telur inang

Ulangan	Jumlah Imago Betina Parasitoid	Jumlah Telur Inang yang dipaparkan	Jumlah Telur terparasit	Jumlah Jantan	Jumlah Betina	Mati Pradewasa
1	10	50	0			
2	10	50	7	3	2	2
3	10	50	0	0	0	0
4	10	50	0	0	0	0
5	10	50	7	7	7	
6	10	50	0	0	0	0
7	10	50	0	0	0	0
8	10	50	0	0	0	0
9	10	50	0	0	0	0
10	10	50	0	0	0	0

Tabel 7. Pemaparan 25 betina parasitoid pada 100 telur inang

Ulangan	Jumlah Imago Betina Parasitoid	Jumlah Telur Inang yang dipaparkan	Jumlah Telur terparasit	Jumlah Jantan	Jumlah Betina	Mati Pradewasa
1	25	100	0	0	0	0
2	25	100	0	0	0	0
3	25	100	0	0	0	0
4	25	100	0	0	0	0
5	25	100	0	0	0	0
6	25	100	40	21	19	0
7	25	100	0	0	0	0
8	25	100	0	0	0	0
9	25	100	0	0	0	0
10	25	100	0	0	0	0

Tabel 8. Pemaparan 100 betina parasitoid pada 100 telur inang

Ulangan	Jumlah Imago Betina Parasitoid	Jumlah Telur Inang yang dipaparkan	Jumlah Telur terparasit	Jumlah Jantan	Jumlah Betina	Mati Pradewasa
1	100	100	12	1	10	0
2	100	100	10	4	6	0
3	100	100	2	0	2	0
4	100	100	0	0	0	0
5	100	100	0	0	0	0
6	100	100	0	0	0	0
7	100	100	5	2	3	0
8	100	100	9	2	7	0
9	100	100	0	0	0	0
10	100	100	0	0	0	0