

DISERTASI

**SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS LEBAH *Trigona incisa*
(APISILVIKULTUR)
MENUJU SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN**

**AGROFORESTRY SYSTEM BASED ON *Trigona incisa* HONEY BEES
(APISILVICULTURE)
TOWARDS A SUSTAINABLE AGRICULTURE SYSTEM**

**BUDIAMAN
P013171021**



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2021**

LEMBAR PENGESAHAN (TUGAS AKHIR)

SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS LEBAH *Trigona incisa*
(APISIL VIKULTUR)
MENUJU SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

Disusun dan diajukan oleh

BUDIAMAN

Nomor Pokok: P013171021

Telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian yang dibentuk dalam rangka Penyelesaian Studi Program Doktor Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin pada tanggal 6 Juli 2021 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

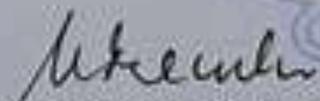
Menyetujui

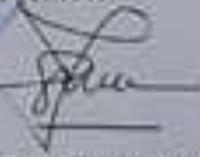
Promotor


Prof. Dr. Ir. Yusran S. Hut., M.Si.
NIP. 196612066199103 1 006

Co.Promotor

Co.Promotor


Prof. Dr. Ir. Samuel Arung Paembonan, M.Si.
NIP. 19550165 198102 1 002


Prof. Dr. Ir. Iswara Gautama, M.Si.
NIP. 19630915 199003 1 004

Ketua Progm Studi
Ilmu Pertanian

Dekan Sekolah Pascasarjana
Universitas Hasanuddin


Prof. Dr. Ir. Darmawan Salman, M.S.
NIP. 19630606 1988003 1 004


Prof. Dr. Jammaluddin Jompa, M.Sc.
NIP. 19670308 199003 1 001

PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya dengan penuh tanggung jawab, bahwa segala data dan pernyataan dalam disertasi yang berjudul:

SISTEM AGROFORESTRI BERBASIS LEBAH *Trigona incisa* (APISILVIKULTUR) MENUJU SISTEM PERTANIAN BERKELANJUTAN

AGROFORESTRY SYSTEM BASED ON *Trigona incisa* HONEY BEES (APISILVICULTURE) TOWARDS A SUSTAINABLE AGRICULTURE SYSTEM

Adalah gagasan atau hasil penelitian disertasi saya sendiri dengan bimbingan komisi pembimbing, kecuali dengan jelas ditunjukkan rujukannya. Disertasi ini belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar pada program sejenis di perguruan tinggi / institusi lain.

Semua data dan informasi yang digunakan telah dinyatakan dengan jelas dan dapat diperiksa kebenarannya.

Makassar, 6 Juli 2021

Yang Menyatakan



Budiaman
NIM: P013171021

PRAKATA

Syukur Alhamdulillah, kami panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan, Rahmat dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis Disertasi yang berjudul “Sistem Agroforestri Berbasis Lebah *Trigona Incisa (Apisilvikultur)* menuju Sistem Pertanian Berkelanjutan ” sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan Program Doktor pada Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin.

Pada kesempatan ini Penulis menyampaikan ucapan terima kasih tak terhingga kepada semua pihak yang telah banyak memberikan partisipasi, bantuan dan motivasi atas selesainya karya tulis ini, khususnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr Ir. Yusran, S.Hut., M.Si. , selaku Promotor, Prof. Dr. Ir. Samuel Arung Paembonan, M.Sc., selaku Ko-Promotor, Bapak Prof Dr. Ir. Iswara Gautama, M. Si. selaku Ko-Promotor, yang banyak meluangkan waktu dan tenaga memberikan bimbingan/arahan dan dukungan kepada penulis. Ketulusan dan kesabaran serta pemikiran dan keteladanan beliau memberikan semangat dan motivasi kepada Penulis untuk menyelesaikan Disertasi ini.
2. Bapak Prof. Dr. Supratman, S.Hut.,M.Si. dan Bapak Dr. Ir. Syamsuddin Millang, M.S.,Dr.Ir. Ridwan, M.SE., Hasnawir, S.Hut.,M.Sc.,Ph.D. selaku Tim Penguji yang telah banyak memberikan masukan, kritikan, saran-saran konstruktif untuk penyempurnaan disertasi ini.
3. Rektor Universitas Hasanuddin Makassar, Dekan Sekolah Pascasarjana Unhas, dan Ketua Program Studi S3 Ilmu Pertanian yang telah memberikan ruang atmosfir belajar kepada penulis untuk melanjutkan pendidikan Program Doktor pada bidang Ilmu Pertanian, Konsentrasi Ilmu Kehutanan.

4. Dosen Pengajar Program Studi Ilmu Pertanian Sekolah Pascasarjana Universitas Hasanuddin Makassar.
5. Segenap Staf Desa / Kelurahan Radda dan Pemerintah Kabupaten Luwu Utara.
6. Dekan, Rekan-rekan Dosen dan Karyawan Fakultas Kehutanan, Tim Laboratorium, Universitas Hasanuddin Makassar atas bantuan dan doanya kepada penulis.
7. Rekan-rekan seperjuangan Pascasarjana S3 Ilmu Pertanian angkatan 2017 yang telah memberikan dorongan dan semangat hingga Disertasi ini dapat selesai.

Secara khusus kepada kedua orang tuaku tercinta Ibunda Hj. Imase (almahumah) dan Ayahanda H. Muhammad Yunus. yang selalu mendoakan dan memberikan semangat kepada penulis, doa kepada penulis. Doa kepada Bapak dan Ibu Mertua Hj. Suriati Toahere S.Ag., Bapak Abdullah (Almarhum) . Dan teristimewa kepada Istri saya tercinta Jumhuriyah Abdullah yang selalu menemani dalam suka dan duka. Kepada saudara-saudaraku: Hj.Muliana (almahumah), Budiardjo Yunus, Hj. Rahmiati Yunus, Hj. Nurmiati Yunus, Muhammad Ridwan Yunus, Suwarna Yunus, dan Kasmiasi Yunus. dan anakku tersayang: Siti Reyhanita Budi Aman, Siti Reyhananda Budi Aman, Muh. Reyhanullah Budi Aman, dan Muh. Reyhannabil Budi Aman yang dalam suasana suka dan duka ikut mendukung sepenuhnya, sehingga karya tulis ini dapat selesai. Penulis mengucapkan terima kasih tak terhingga.

Akhir kata, semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan Lindungan, Rahmat dan Kasih sayang-Nya kepada kita semua. Amin Ya Rabbal Alamin.

Makassar, 6 Juli 2021

Budi Aman

ABSTRAK

BUDIAMAN. Sistem Agroforestri Berbasis Lebah *Trigona incisa* (Apisilvikultur) Menuju Sistem Pertanian Berkelanjutan (dibimbing oleh Yusran , Samuel Arung Paembonan dan Iswara Gautama).

Lebah madu *Trigona incisa* merupakan jenis lebah jenis endemik Sulawesi yang jinak, tidak menyengat, sehingga lebih mudah dimanipulasi/dikendalikan serta memiliki potensi produksi tertinggi dibandingkan lebah *Trigona* lainnya pada berbagai wilayah Agroforestri dan dapat menghasilkan 13 jenis diversifikasi produk bernilai ekonomi tinggi. Penelitian ini bertujuan menemukan sistem agroforestri berkelanjutan dengan memanfaatkan dan memadukan lebah *Trigona incisa* dan areal agroforestri untuk mendapatkan hasil yang optimum dan berkelanjutan (ekonomi, ekologi, sosial - budaya). Metode Penelitian yang digunakan adalah metode observasi langsung, wawancara semi terstruktur, diskusi fokus group, penelusuran data sekunder, dan analisis laboratorium. Sedangkan analisis yang digunakan adalah analisis deskriptif untuk sosial budaya, analisis ekologi dengan analisis vegetasi dan ketersediaan pakan, analisis ekonomi IRR, BCR, NVP, PP, analisis sensitivitas, analisis kualitas madu berdasarkan standar uji SNI-01-3545-2004 dan sistem pertanian berkelanjutan dianalisis dengan analisis keberlanjutan ekologi, sosial dan budaya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa: Sistem apsilvikultur memiliki 18 jenis diversifikasi produksi dari 6 jenis tanaman/ternak komposisi penyusun sistem apsilvikultur, sedangkan untuk lebah madu *Trigona spp.* terdapat 8 jenis produk yang potensial dapat dihasilkan untuk dijual sebagai produk diversifikasi dari sistem apsilvikultur, yaitu: madu, *bee bread*, lilin, propolis, larva ratu, larva jantan, larva pekerja, dan bibit koloni lebah. Rata-rata pendapatan usahatani apsilvikultur adalah Rp. 8.196.147,- per Kepala Keluarga (KK) per tahun atau Rp.683.012,- per bulan, namun hasil tersebut masih lebih rendah bila dibandingkan dengan standar Kebutuhan Hidup Layak (KHL) yang nilainya Rp. 3.566.643,- juta per bulan, namun menurut Analisis Kelayakan Finansial semuanya layak diusahakan secara komersial. Usaha tani apsilvikultur (agroforestri dengan lebah *Trigona incisa*) layak diusahakan berdasarkan kriteria kelayakan finansial, yaitu $NPV > 0$, $BCR > 1$, dan $IRR > r$, dan jika nilai $IP \geq 1$ dan $PP \leq PP$ yang ditargetkan, sehingga dapat dijadikan model untuk menjadi salah satu lapangan usaha baru dalam rangka meningkatkan pendapatan petani dalam rangka pengentasan kemiskinan di pedesaan. Faktor produksi yang berpengaruh nyata terhadap produksi apsilvikultur adalah luas lahan dan jumlah koloni. Parameter kualitas madu *Trigona spp.* yang memenuhi syarat mutu SNI-01-3545-2004 ada 7 parameter yaitu: kadar abu, padatan yang tidak larut dalam air, *Hydroxymethylfurfural* (HMF), sukrosa, cemaran logam Timbal, Cuprum dan Arsen, sedangkan parameter yang tidak memenuhi standar ada 4 parameter, yaitu kadar air, keasaman, gula pereduksi, dan aktivitas enzim diastase, tetapi jika dibandingkan dengan SNI 2018 maka semua parameter kualitas memenuhi standar Nasional dan Internasional.

Kata Kunci : sistem agroforestri apsilvikultur, lebah madu *Trigona incisa*,
berkelanjutan

ABSTRACT

BUDIAMAN. *Bee-Based Agroforestry System Trigona incisa (Apisilvikultur) Towards a Sustainable Agricultural System (supervised by Yusran, Samuel Arung Paembonan and Iswara Gautama).*

The honey bee *Trigona incisa* is a species of bee endemic to Sulawesi that is tame, does not sting, so it is easier to control and has the highest production potential compared to other *Trigona* bees in various agroforestry areas and can produce 13 types of diversified products with high economic value. This study aims to find a sustainable agroforestry system by utilizing and integrating *Trigona incisa* bees. and agroforestry areas to obtain optimum and sustainable yields (economic, ecological, socio-cultural). The research method used is direct observation, semi-structured interviews, focus group discussions, secondary data retrieval, and laboratory analysis. While the analysis used is descriptive analysis for socio-culture, ecological analysis with analysis of vegetation and food availability, economic analysis of IRR, BCR, NVP, PP, sensitivity analysis, analysis of honey quality based on the quality requirements of SNI-01-3545-2004 and sustainable agricultural systems analyzed by analysis of ecological, social and environmental sustainability. Culture. The results showed that: The apsilvikulture system had 18 types of production from 6 types of plants / livestock, the composition of which made up the apsilvikultural system, while for the honey bee *Trigona* spp. There are 8 types of products that have the potential to be produced for sale as diversified products from the apsilvikulture system, namely: honey, bee bread, wax, propolis, queen larvae, male larvae, worker larvae, and bee colony seeds. The average income of apsilvikulture farming is Rp. . 8,196,147, - per head of family (KK) per year or Rp. 683,012, - per month, but this result is still lower than the standard of Decent Living Needs (KHL) which is Rp. 3,566,643, - million per month, but according to the Financial Feasibility Analysis, all of them are commercially feasible. Apilvikultural farming (agroforestry with *Trigona* spp. Bees) is feasible based on financial feasibility criteria, namely $NPV > 0$, $BCR > 1$, and $IRR > r$, and if the IP values ≥ 1 and $PP \leq PP$ are targeted, so that it can be used as a model for become one of the new business fields in order to increase farmers' income in the context of reducing poverty in rural areas. Production factors that significantly influence apsilvikultural production are land area and number of colonies. Honey quality parameters of *Trigona* spp. there are 7 parameters that meet the quality requirements of SNI-01-3545-2004, namely: ash content, water-insoluble solids, Hydroximethylfurfural (HMF), sucrose, lead, cuprum and arsenic, while parameters that do not meet the standards are 4 parameters , namely water content, acidity, reducing sugar, and diastase enzyme activity, but when compared with SNI 2018, all quality parameters meet the National and International standards.

Keywords: *apisilvikultural agroforestry systems, Trigona incisa honeybees, sustainable*

DAFTAR ISI

<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
HALAMAN JUDUL.....	i
LEMBAR PENGESAHAN DISERTASI	ii
PERNYATAAN KEASLIAN DISERTASI	iii
PRAKATA	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR LAMPIRAN	xx
BAB I PENDAHULUAN.....	1
A. Latar Belakang.....	1
B. Rumusan Masalah	6
C. Kebaharuan (<i>Novelty</i>).....	9
D. Konsep Pemecahan Masalah (<i>Conceptual /Teoritical Frame Work</i>)	9
E. Tujuan Penelitian	11
F. Manfaat Penelitian	11
G. Hipotesis	12
H. Ruang Lingkup Penelitian	12
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	14
A. Pengertian Agroforestri.....	14
B. Fungsi Agroforestri.....	21
C. Klasifikasi Agroforestri.....	23
D. Apisilvikultur.....	27
E. Hubungan Lebah Madu dengan Tanaman Agroforestri	29
F. Bioekologi Lebah <i>Trigona spp.</i>	30

G.	Sumber Pakan Lebah <i>Trigona spp.</i>	33
H.	Sistem Pertanian Berkelanjutan	37
I.	Indikator Pertanian Berkelanjutan	38
J.	Analisis Usaha Tani	41
	1. Analisis Pendapatan	41
	2. Analisis Produksi	41
	3. Analisis Perbandingan	42
K.	Analisis Kelayakan Finansial.....	43
	1. NPV (<i>Net Present Value</i>).....	43
	2. IRR (<i>Internal Rate of Return</i>).....	44
	3. BCR (<i>Benefit Cost Ratio</i>).....	44
	4. PP (<i>Payback Periode</i>)	45
	5. Analisis sensitivitas	46
L.	Analisis vegetasi pakan lebah.....	46
M.	Analisis Kualitas Madu.....	49
N.	Ketersediaan Pakan (Kalender Berbunga)	49
	1. Sumber Pakan Lebah Madu	50
	2. Sumber Pakan Lebah <i>Trigona spp.</i>	51
	2.1. Nektar.....	54
	2.2. <i>Ekstra Nutrifialnektar</i>	55
	2.3. <i>Pollen</i>	56
O.	Lebah <i>Trigona Spp.</i>	57
	1. Lebah <i>Trigona Spp.</i>	57
	2. Penyebaran Lebah <i>Trigona spp.</i>	61
	3. Koloni dan Sistem Pembagian Tugas Lebah <i>Trigona spp.</i>	64
	3.1 Ratu Lebah.....	65
	3.2 Lebah Pekerja	66
	3.3 Lebah Jantan	67
	4. Fase Hidup Lebah Madu <i>Trigona spp.</i>	67

5. Pengaruh Suhu dan Ketinggian pada Koloni	
<i>Trigona spp.</i>	70
P. Lebah <i>Trigona incisa</i>	71
BAB III METODE PENELITIAN.....	75
A. Lokasi dan Waktu	75
B. Bahan dan Peralatan	76
C. Metode Pengambilan Sampel.....	78
D. Metode Pengumpulan Data	80
E. Jenis dan Sumber Data	83
F. Metode Analisis Data.....	84
1. Analisis Data Ekonomi	85
1.1. Analisis Usaha Tani.....	85
1.1.1 Analisis Deskriptif.....	85
1.1.2 Analisis Pendapatan	85
1.2. Analisis Produksi.....	86
1.3. Analisis Rendemen	87
1.4. Analisis Perbandingan.....	87
1.5. Analisis Kelayakan Finansial	88
1.5.1 NPV (<i>Net Present Value</i>)	88
1.5.2 IRR (<i>Internal Rate of Return</i>)	89
1.5.3 BCR (<i>Benefit Cost Ratio</i>)	90
1.5.4 Indeks Profitabilitas (IP).....	90
1.5.5 PP (<i>Payback Periode</i>)	91
1.5.6 Analisis sensitivitas.....	92
1.6. Analisis Kualitas Madu	92
2. Analisis Ekologi	93
2.1. Analisis Vegetasi Pakan Lebah.....	93
2.2. Kapasitas Daya Dukung Pakan.....	95
2.3. Ketersediaan Pakan (Kalender Berbunga).....	96
2.4. Kondisi Biofisik Lingkungan	98
3. Analisis Sosial Budaya	98

4. Analisis Keberlanjutan	99
G. Konsep Operasional	99
BAB IV KEADAAN UMUM LOKASI	102
A. Letak Geografis.....	102
B. Topografi.....	105
C. Geologi dan Jenis Tanah	106
D. Hidrologi.....	108
E. Klimatologi	109
F. Kerusakan Tanah untuk Produksi Biomassa	112
G. Kedalaman Solum.....	113
H. Kebatuan Permukaan	114
I. Tekstur Tanah.....	114
J. Bobot Isi Tanah.....	115
K. Porositas Tanah.....	116
L. Permeabilitas Tanah	116
M. Tanah.....	117
N. Reduksi – Oksidasi	118
O. Daya Hantar Listrik	118
P. Mikroba	120
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....	120
A. Sejarah Singkat Usahatani Apisilvikultur di Kabupaten Luwu Utara	120
B. Karakteristik Sistem Agroforestri di Kabupaten Luwu Utara.....	130
1. Tipe Agroforestri berdasarkan struktur penyusunnya	130
1.1. Apisilvikultur: Berbatasan dengan Hutan Lindung (A).....	133
1.2. Apisilvikultur: Berbatasan dengan Hutan Masyarakat dan Hutan Lindung (B).....	134

1.3. Apisilvikultur berbatasan dengan Hutan Masyarakat (C).....	134
1.4. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu dan Tanaman Semusim (D)	135
1.5. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu dan Tanaman Perkebunan (E)	136
1.6. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, dan Tanaman Semusim (F).....	136
1.7. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, dan Buah-Buahan (G).....	137
1.8. Subtipe Agrosilvikultural: Kombinasi Pohon Kayu dengan Tanaman Buah-Buahan dan Tanaman Semusim (H)	138
1.9. Apisilvikultur: Kombinasi lebah <i>Trigona incisa</i> Pohon Kayu dengan Tanaman Perkebunan, Buah-Buahan dan Rumput Pakan Ternak (I).....	139
1.10. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu dengan Tanaman Perkebunan, Buah-Buahan, Semusim dan Rumput Pakan Ternak (J).....	139
1.11. Apisilvikultur: Berbatasan dengan Hutan Masyarakat dan Hutan Lindung (K).....	140
1.12. Apisilvikultur: Kombinasi Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, Tanaman Semusim dengan Kolam Ikan (L)	141
2. Tipe Agroforestry: berdasarkan Tujuan Sosial Ekonomi.....	141
3. Tipe Agroforestri Berdasarkan Fungsinya	145

C.	Analisis Pendapatan	148
1.	Diversifikasi Produk	148
2.	Pendapatan Petani Apisilvikultur.....	149
3.	Analisis Rendemen Propolis	155
4.	Analisis Perbandingan Pendapatan.....	156
5.	Faktor-faktor yang Mempengaruhi Produksi Sistem Apisilvikultur.....	157
D.	Kelayakan Finansial.....	158
1.	Analisis Kelayakan Usaha Tani Sistem Apisilvikultur.....	158
1.1.	Analisis NPV, BCR, IRR, IP dan PP	158
1.2.	Analisis Sensivitas.....	160
E.	Kualitas Madu Agroforestry dengan Lebah <i>Trigona incisa</i>	161
a.	Kadar air	163
b.	Kadar Abu.....	164
c.	Keasaman	164
d.	Padatan yang Tidak Larut dalam Air	165
e.	Aktivitas Enzim Diastase	165
f.	<i>Hydroxymethylfurfural</i> (HMF).....	165
g.	Gula Pereduksi	166
h.	Sukrosa	166
i.	Cemaran logam berbahaya	166
F.	Hasil Analisis Ekologi.....	167
1.	Potensi Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Wilayah Apisilvikultur di Pemukiman dan di luar pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	167
1.1.	Potensi ketersediaan pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (nektar) di Pemukiman dan di luar Pemukiman di Kabupaten Luwu Utara.....	169

1.2. Potensi ketersediaan pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (pollen) di Pemukiman dan di luar Pemukiman di Kabupaten Luwu Utara.....	170
2. Kapasitas Daya Dukung Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Wilayah Apisilvikultur di Kabupaten Luwu Utara	170
3. Analisis Vegetasi Sumber Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Kabupaten Luwu Utara	171
4. Kalender Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i>	175
G. Hasil Analisis Sosial Budaya.....	178
1. Kebijakan Pengembangan Lebah Lokal	178
2. Sosial Budaya Masyarakat Peternak Lebah Lokal <i>Trigona incisa</i>	182
3. Tingkat Penerimaan Teknologi Apisilvikultur Secara Sosial Budaya	184
H. Hasil Analisis Keberlanjutan Sistem Apisilvikultur	185
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	190
A. Kesimpulan	190
B. Saran	191
DAFTAR PUSTAKA.....	192
LAMPIRAN	208

DAFTAR TABEL

<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1. Jenis dan Sumber Data Penelitian	74
2. Model Tabel Kalender Ketersediaan Pakan Lebah	87
3. Luas Wilayah menurut Kecamatan di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017.....	91
4. Jarak dari Ibukota Kabupaten ke Ibukota Kecamatan di Kabupaten Luwu Utara (km) Tahun 2017.....	92
5. Kelas Lereng dan Ketinggian Tiap Kecamatan di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017	93
6. Kondisi Geologi dan Wilayah Cakupannya di Kabupaten Luwu Utara (km) Tahun 2017	94
7. Kondisi Jenis Tanah dan Wilayah Cakupannya di Kabupaten Luwu Utara (km) Tahun 2017.....	94
8. Daftar Sungai dan Daerah Alirannya (km) di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017	95
9. Rata – rata Suhu Udara dan Kelembaban Relatif di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017.....	96
10. Rata-Rata Tekana Udara dan Kecepatan Angin di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017.....	97
11. Rata-Rata Hari Hujan dan Curah Hujan di Kabupaten Luwu Utara Tahun 2017.....	98
12. Data Curah Hujan Rata-Rata Bulanan Selama Sepuluh Tahun Terakhir di Kabupaten Luwu Utara (2010 - 2019).....	98
13. Jumlah dan Persentase Tipe Umum Agroforestri Berdasarkan Komponen Penyusunnya.	116
14. Subtipe Agroforestri Berdasarkan Komponen Penyusunnya di Lokasi Penelitian.....	116
15. Upah Minimum Provinsi (UMP) 2021 Sulawesi Selatan	133

16. Daftar Upah Minimum Kabupaten/Kota (UMK) 2021 Sulawesi Selatan	134
17. Hasil Analisis Kelayakan Finansial Usahatani Apisilvikultur	140
18. Hasil Analisis Sensitivitas Usahatani Apisilvikultur	141
19. Perbandingan Kualitas Madu <i>Trigona incisa</i> dengan Persyaratan Mutu Madu menurut SNI 8664:2018	141
20. Kebijakan yang Mendukung Pengembangan Lebah Madu Lokal <i>Trigona incisa</i> di Kabupaten Luwu Utara.	142
21. Perilaku, Respond dan Budaya Masyarakat Peternak lebah lokal <i>Trigona incisa</i> terhadap Budidaya Lebah Lokal <i>Trigona incisa</i>	157
22. Tingkat Penerimaan Teknologi Apisilvikultur dan Budidaya Lebah <i>Trigona incisa</i>	158

DAFTAR GAMBAR

<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1. Tahapan Perumusan Masalah	6
2. Kerangka Konseptual Pemecahan Masalah.....	8
3. Bagian Tubuh Lebah <i>Trigona spp.</i> : sayap (a: 1. depan; 2. belakang), tungkai belakang lebah (b: 1. jantan; 2. betina, 3. <i>rostellum</i>), <i>stemum VI</i> dengan (c: 1. <i>medioapical</i>), genitalia lebah jantan (d: 1. <i>Volsella</i> ; 2. <i>sagitta</i>) (e: ujung abdomen lebah <i>Trigona</i> pekerja).....	56
4. Lebah <i>Trigona laeviceps</i> : a sel anakan, b. larva, c. pupa, d. Pejantan muda, f. pejantan dewasa, g. betina muda, h. betina dewasa	57
5. Strata lebah <i>Trigona spp.</i>	62
6. Tahapan Perkembangan Lebah <i>Trigona spp.</i> dari Telur sampai Lebah Dewasa	63
7. Strata dalam Suatu Koloni Lebah <i>Trigona spp.</i> : a. pejantan, b. pekerja, c. calon ratu, d. ratu lebah	64
8. Lebah Pekerja <i>Geniotrigona incisa</i>	66
9. Perbandingan Gambar Sayap depan <i>Geniotrigona incisa</i> Dibanding dengan <i>G.thoracia</i> dan <i>G.lacteifaciata</i>	66
10. Perbandingan Gambar Kepala <i>Scutum</i> Lebah Pekerja <i>Geniotrigona incisa</i> dibanding dengan <i>G.thoracia</i> dan <i>G.lacteifaciata</i>	67
11. Mandibula dan Rahang <i>Geniotrigona incisa</i>	67
12. Kunci Determinasi Lebah pekerja <i>Geniotrigona incisa</i> dengan Metode <i>Composite Algrithm</i>	68
13. Peta Lokasi Penelitian	68
14. <i>Lay-out</i> Penempatan Plot dalam Blok Sampling.....	71
15. Desain Plot dan Jalur Pengamatan Vegetasi	72

16. Tahapan Pelaksanaan Penelitian	76
17. Apisilvikultur Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , berbatasan Langsung dengan Hutan	118
18. Apisilvikultur Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Berbatasan dengan Hutan	119
19. Apisilvikultur Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Berbatasan dengan Hutan Masyarakat.....	119
20. Apisilvikultur: Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Pohon Kayu dan Tanaman Semusim.....	120
21. Apisilvikultur: Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Pohon Kayu dan Tanaman Perkebunan	121
22. Apisilvikultur: Kombinasi Lebah <i>Trigona Incisa</i> , Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan dan Tanaman Semusim	122
23. Apisilvikultur: Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Pohon Kayu dan Tanaman Perkebunan Dan Buah-Buahan.....	123
24. Apisilvikultur Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Pohon Kayu, Tanaman Buah-Buahan dan Tanaman Semusim.....	124
25. Apisilvikultur : Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> . Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, Buah-Buahan dan Rumput Pakan	124
26. Apisilvikultur Kombinasi Lebah <i>Trigona Incisa</i> , Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, Buah-Buahan, Tanaman Semusim dan Rumput Pakan	125
27. Apisilvikultur : Berbatasan dengan Hutan Masyarakat dan Hutan Lindung	126
28. Apisilvikultur: Kombinasi Lebah <i>Trigona incisa</i> , Pohon Kayu, Tanaman Perkebunan, Tanaman Semusim dan Kolam	126
29. Diversifikasi Produk dalam Sistem Apisilvikultur.....	132

30. Rata-Rata Pendapatan Usaha Tani Apisilvikultur, Agroforestri Tanpa Lebah <i>Trigona incisa</i> , Budidaya Lebah <i>Trigona incisa</i> dan Standar KHL.....	133
31. Rendemen Propolis dan Lilin Lebah Madu <i>Trigona incisa</i> . (%) Setelah Diolah dengan Dua Jenis (a. ekstraktor propolis dan b. ekstraktor lilin).....	138
32. Perbandingan Parameter Kualitas Madu <i>Trigona incisa</i> dengan SNI.01-03545-2004 dan Standar Kualitas Madu 18 Negara Maju.....	148
33. Potensi Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (Jumlah Jenis Tanaman) di Kabupaten Luwu Utara.....	148
34. Potensi Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (Nektar) di Dalam dan Luar Pemukiman.....	148
35. Potensi Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (pollen) di dalam dan Luar Pemukiman.....	149
36. Kapasitas Daya Dukung Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (pollen) di Pemukiman dan di luar Pemukiman.....	150
37. Indeks Keragaman (H') vegetasi Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Pemukiman dan di Luar Pemukiman.....	151
38. Ketersediaan pakan (Keberlanjutan) Pakan <i>Trigona incisa</i> pada Wilayah Apisilvikultur di Luar Pemukiman dan di Dalam Pemukiman.....	152
39. Jumlah Jenis Tanaman berdasarkan Jenis Pakan yang Dikandungnya (N-P-E-) pada Wilayah Apisilvikultur di Luar Pemukiman dan di dalam Pemukiman.....	153
40. Hasil Analisis Sistem Agroforestri Berbasis Lebah <i>Trigona incisa</i> Berkelanjutan.....	154

DAFTAR LAMPIRAN

<i>Teks</i>	<i>Halaman</i>
1. Diversifikasi Produk dari Sistem Apisilvikultur.....	182
2. Hasil Analisis Pendapatan Usaha Tani Apisilvikultur	183
3. Hasil Analisis Rata-rata Kebutuhan Hidup Layak (KHL)	185
4. Rata-rata luas Tanaman Pakan (<i>Home Range</i>) Lebah <i>Trigona incisa</i> dan Luas Lahan Apisilvikultur yang Dikelola oleh Petani Apisilvikultur (ha).	187
5. Hasil Analisis Uji <i>t.Student</i> Pendapatan Usahatani Agroforestri Tanpa Lebah <i>Trigona incisa</i> , dengan Agroforestri Berbasis (dengan) Lebah <i>Trigona Incisa</i>	188
6. Data Karakteristik Responden Petani apisilvikultur	189
7. Hasil Analisis Regresi Linear Berganda Produksi Apisilvikultur dengan Program <i>SPSS Versi 13</i>	189
8. Hasil analisis <i>Net Present Value</i> (NPV), <i>Internal Rate of Retum</i> (IRR), Analisis Sensivitas, Indeks Profitabilitas (IP) dan <i>Payback Periode</i> (PP)	192
9. Hasil Analisis <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR).....	195
10. Perbandingan Kualitas Madu <i>Trigona incisa</i> . dengan Beberapa Standar Kualitas Madu dalam Perdagangan Internasional.....	198
11. Persyaratan Mutu Madu menurut SNI 8664:2018	199
12. Rendemen Propolis Lilin Lebah <i>Trigona incisa</i> (%) setelah Diolah dengan Ekstraktor Propolis	199
13. Rendemen Lilin dan Propolis Lebah <i>Trigona incisa</i> . (%) setelah Diolah dengan Ekstraktor Lilin.	200
14. Model <i>Lay Out 1 Trigona incisa</i> dalam Sistem Apisilvikultur.....	201

15. Model Rumah Lebah Kapasitas Besar dan Kotak Lebah <i>Trigona incisa</i> dalam Sistem Apisilvikultur.....	201
16. Model <i>Lay-Out</i> Penggandaan Koloni Baru <i>Trigona incisa</i> dalam Sistem Apisilvikultur.....	202
17. Pot Madu <i>Trigona incisa</i> dalam Sistem Apisilvikultur	203
18. Model <i>Lay-out</i> Apisilviciultur berbasis <i>Trigona incisa</i> di Pemukiman.....	203
19. Model <i>Lay-out</i> Apisilviciultur Berbasis <i>Trigona incisa</i> di Kebun Rakyat.....	204
20. Gambar Umum Landscape Lokasi Apisilvikultur Berbasis Lebah <i>Trigona incisa</i> pada Ketinggian 500-1000 m dari Permukaan Laut	204
21. Gambar Umum <i>Landscape</i> (Seko-Rongkong) Lokasi Apisilvikultur berbasis Lebah <i>Trigona incisa</i> pada Ketinggian di atas 1000 m dari Permukaan Laut.....	205
22. Gambar Umum <i>Landscape</i> Lokasi Apisilvikultur Berbasis Lebah <i>Trigona incisa</i> pada ketinggian 25-100 m dari permukaan laut.....	205
23. Gambar Umum <i>Landscape</i> Lokasi Apisilvikultur Berbasis Lebah <i>Trigona incisa</i> pada Ketinggian 0-100 m dari Permukaan Laut	206
24. Wawancara dengan Petani Apisilvikultur.....	206
25. <i>Focus Group Discussion</i> dengan Petani Apisilvikultur.....	207
26. Wawancara Semi Terstruktur dengan Petani Apisilvikultur	207
27. Observasi Langsung Data Koloni <i>Trigona incisa</i> dengan Petani Apisilvikultur	207
28. Karakteristik Responden Petani dan Kelompok Apisilvikultur di Kabupaten Luwu Utara	208
29. Jenis Tanaman Perkebunan dan Industri pada sistem Apisilvikultur.....	212

30. Jenis Tanaman Pangan dan Palawija pada Sistem Agroforestri di Kabupaten Luwu Utara.....	213
31. Jenis Tanaman Buah-buahan pada sistem Agroforestry di Kabupaten Luwu Utara.....	213
32. Jenis Tanaman Hutan yang terdapat pada Sistem Agroforestri di Kabupaten Luwu Utara.....	214
33. Jenis Tanaman Sayuran yang terdapat pada Sistem Agroforestri di Kabupaten Luwu Utara.....	214
34. Komponen Kolam Ikan, Rumput, dan Hutan yang terdapat pada Sistem Agroforestri di Kabupaten Luwu Utara.....	214
35. Kalender Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Wilayah Agroforestri di Luar Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	215
36. Kalender Ketersediaan Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> di Wilayah Agroforestri di Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	222
37. Tabel Analisis Vegetasi Agroforestri di Pemukiman di Kabupaten Luwu Utara.....	229
38. Tabel Analisis Vegetasi Agroforestri di Luar Pemukiman Pemukiman di Kabupaten Luwu Utara.....	257
39. Potensi Sumber Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (Nektar) di Wilayah Agroforestri di Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	274
40. Potensi Sumber Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (Nektar) di Wilayah Agroforestri di Luar Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	281
41. Potensi Sumber Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (Pollen) di Wilayah Agroforestri di Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	287
42. Potensi Sumber Pakan Lebah <i>Trigona incisa</i> (pollen) di Wilayah Agroforestri di Luar Pemukiman Kabupaten Luwu Utara.....	290

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Salah satu prioritas pembangunan Provinsi Sulawesi Selatan yang langsung diarahkan untuk mensejahterahkan rakyat yang ada di desa adalah pembangunan sektor pertanian dan kehutanan yang berbasis keunggulan lokal. Pembangunan sektor pertanian tanaman pangan yang akan dibangun secara modern, dengan sistem intensifikasi dan ekstensifikasi yang menjangkau seluruh wilayah pertanian di Sulawesi Selatan adalah Agroforestri yang terdiri atas berbagai pakan lebah madu. Disamping itu, sejak lama pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan telah mengembangkan agroindustri unggulan sebagai salah satu andalan ekonomi. Keterpaduan lebah madu dan vegetasi berbunga merupakan potensi sumber daya alam yang melimpah dan belum tergarap secara optimal. Milyaran bunga tanaman yang berada di wilayah agroforestri gugur percuma tiap hari, sementara disisi lain, lebah madu lokal tersedia cukup melimpah pada berbagai wilayah Agroforestri, sehingga Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan melalui Dinas Kehutanan Provinsi, memasukkan lebah madu sebagai salah satu komoditi unggulan selain sutera alam dalam Program GERBANG EMAS (Gerakan Pembangunan Ekonomi Masyarakat) yang bercirikan program: holistik-terpadu-hulu-hilir. Program terkait sebelumnya adalah Pewilayahan Komuditi, Petik-Olah-Jual) dan Grateks-2 (Gerakan Peningkatan Ekspor Dua Kali Lipat).

Lebah madu merupakan serangga sosial kaya manfaat dan semua yang dihasilkan oleh lebah madu dikenal berkhasiat untuk kesehatan. Dalam klassifikasi dunia binatang, lebah dimasukkan dalam ordo Hymenoptera yang artinya "sayap bening". Dalam ordo ini terdapat 100.000 spesies serangga, termasuk lebah, tawon, semut dan rayap. Di

dunia ada 7 spesies lebah madu yang sudah diketahui dan sudah dibudidayakan secara komersial, yaitu : *Apis dorsata*, *Apis laboriosa*, *Apis mellifera*, *Apis florea*, *Apis andreniformis*, *Apis cerana* dan *Apis koschevnikovi*. Akhir-akhir ini ditemukan lagi spesies lebah madu baru yaitu *Apis nigrocincta* di Sulawesi dan *Apis nuluensis* di Kalimantan serta *Trigona incisa* di Sulawesi. Kekayaan sumber daya alam yang melimpah di hutan belantara Indonesia berupa nektar, pollen pada bunga tanaman dan *ekstranuptial nektar* yang jauh dari polusi hanya dapat dikonversi oleh lebah madu menjadi bahan dasar bernilai nutrisi dan bernilai ekonomi tinggi seperti: madu , pollen, *bee bread*, *royal jelly*, propolis, *bee venom* , lilin lebah dan lain-lain yang selanjutnya dapat dihasilkan turunan berbagai produk makanan, minuman, kesehatan dan kecantikan.

Lebah madu merupakan suatu sumber daya yang cukup potensial dalam usaha tani terpadu termasuk agroforestri, baik di hutan maupun di luar hutan, karena di samping berperan dalam melestarikan lingkungan hidup, juga ikut meningkatkan kualitas dan kuantitas serta diversifikasi produk tanaman. Hasil penelitian Abhishek (2016), menyatakan bahwa serbuk sari merupakan *gametofit* jantan yang terdiri atas *gametofit* mikro yang akan menghasilkan jantan gamet dengan berpindah dari *androecium* ke *gynoecium* yang dapat menunjang kelangsungan hidup tanaman dengan mekanisme penyerbukan sempurna dari lebah madu, termasuk lebah *Trigona incisa*.

Kebutuhan utama lebah yang terdapat pada berbagai wilayah agroforestri adalah nektar, *ekstranuptialnektar* dan pollen. Sumber makanan ini harus tersedia setiap bulan, setiap musim, dan tempat pertumbuhan tanaman tersebut harus cocok/sesuai (Stelley, 1983). Pada daerah beriklim temperate, siklus musiman tanaman dapat menentukan tersedianya bunga dan pada daerah yang lainnya ketersediaan tanaman pakan ini dapat dibatasi oleh musim paceklik (Free, 1982). Howes (1979) dan Oertel (1980), menyatakan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi

keluarnya nektar pada tanaman. Beberapa faktor yang penting antara lain: temperatur, kelembaban, sifat tanah, angin dan umur tanaman. Dari tanaman berbunga, nektar dan pollen tersedia ketika bunga tanaman sedang mekar.

Intensifikasi dengan penerapan teknologi tepat guna dan ekstensifikasi yang menjangkau seluruh wilayah pertanian, baik milik masyarakat maupun tanah milik pemerintah diorientasikan pada usaha; 1) memperluas kesempatan kerja dan kesempatan usaha bagi masyarakat desa sebagai upaya strategis untuk menanggulangi pengangguran dan mengentaskan kemiskinan; 2) meningkatkan dan menganekaragamkan produksi pertanian dan kehutanan yang berorientasi ekspor; 3) mengembangkan produk derivative tanaman yang berbasis agroindustri dan agrobisnis untuk memenuhi pasar lokal, domestik dan internasional.

Kebijakan strategis tersebut di atas dijadikan pilihan yang didasarkan pada fakta bahwa, pertama: beternak lebah dalam wilayah agroforestri telah menjadi mata pencaharian masyarakat desa yang telah terbukti memberikan penghasilan tambahan untuk memenuhi kebutuhan primer, kedua: karakteristik tanah pertanian dan iklim di Sulawesi Selatan sangat cocok untuk Agroforestri, ketiga: kebutuhan pasar domestik terhadap produk Agroforestri belum bisa dipenuhi oleh produk dalam negeri, di sisi lain, pasar dalam dan luar negeri untuk produk lebah madu berupa: madu, *royal jelly*, *bee pollen*, *propolis*, lilin lebah, *bee bread*, larva lebah dan *bee venom* masih sangat terbuka, keempat: masih tersedia lahan untuk Apisilvikultur dan sangat memungkinkan untuk penerapan teknologi perlebahan, kelima: akan menjadi pintu masuk bagi usaha penganekaragaman produk pertanian dan kehutanan yang akan memperluas peluang usaha di sektor industri dan jasa perdagangan.

Untuk meningkatkan produksi tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan, serta agroforestri, berbagai upaya intensifikasi telah dilakukan antara lain: penggunaan bibit unggul, perbaikan waktu tanam dan jarak

tanam, pengairan yang baik, pemupukan yang tepat dan pengendalian hama dan penyakit. Namun sampai sekarang, faktor *pollinator* belum mendapat perhatian dalam matriks intensifikasi. Lebah madu merupakan salah satu serangga *pollinator* biologis yang banyak berperan membantu penyerbukan dan mempunyai beberapa keistimewaan dibandingkan dengan penyerbukan lainnya, yaitu dapat berkali-kali mengunjungi bunga, dapat bekerja pada semua musim, dapat mengunjungi banyak bunga, dapat mengunjungi banyak bunga pada satu kesatuan waktu, kunjungannya terbatas pada bunga yang mempunyai serbuk sari yang telah matang atau stigma yang telah siap dibuahi, mampu membawa banyak tepung sari yang seragam dan matang (Anderson *et al.*, 1973).

Lebah madu *Trigona incisa* yang biasa disebut juga *Geniotrigona incisa* atau *Wallacetrigona incisa* (Sakagami & Inoue, 1989) dan (Jalil & Shuib, 2016) (Tiara S. *et al.*, 2020), merupakan jenis lebah jenis endemik Sulawesi yang jinak, tidak menyengat, potensi produksinya tinggi, sehingga lebih mudah dimanipulasi dan dikendalikan; dibandingkan dengan lebah *Trigona* jenis lain pada berbagai wilayah Agroforestri dan dapat menghasilkan 12 jenis diversifikasi produk bernilai ekonomi tinggi. Disamping itu lebah ini mempunyai anggota koloni yang cukup banyak (± 100.000 individu dalam 1 koloni), sehingga potensi keberhasilannya pada tanaman juga cukup tinggi. Namun sampai sekarang belum diketahui karakteristiknya di wilayah Agroforestri. Dengan berhasilnya penelitian model Apisilvikultur ini, maka petani / pengelola Agroforestri diharapkan dapat mengikutsertakan lebah madu *Trigona incisa*, disamping upaya intensifikasi yang lain dalam upaya mengkonversi bunga yang melimpah dan masih terbuang percuma tersebut menjadi produk bernilai ekonomi tinggi seperti *pollen*, *royal jelly*, *propolis*, *bee venom*, dan lilin yang merupakan bahan baku industri dan ekspor melalui jasa *pollinator* biologis yang dikombinasikan disela tanamannya.

Lebah liar mengunjungi tanaman budidaya secara signifikan lebih sering dibandingkan lebah ternak, enam spesies sayuran dan 76% dari semua kunjungan bunga pada tanaman budidaya secara total dilakukan oleh lebah liar dan tiga spesies tumbuhan dan 24% oleh lebah ternak. Julian Schrader *et al.* (2017), mengemukakan bahwa Pollinator tanaman lebih kompleks di *homegardens* yang dikelilingi oleh habitat tanaman kayu. Dalam hal ini, habitat kayu meningkatkan kelimpahan dan kekayaan lebah liar dan lebah ternak. Meningkatnya ketersediaan sumber daya bunga juga meningkatkan kelimpahan lebah. Untuk meningkatkan layanan penyerbukan di *mosaik lanskap* pertanian padi dalam skala kecil, habitat kayu dan fragmen hutan bersama dengan banyak sumber daya bunga harus dilindungi dan dipulihkan (Toni *et al.*, 2018).

Lebah Apis mellifera banyak digunakan untuk tujuan penyerbukan karena beberapa alasan, yaitu sifat *polylectic* nya, distribusi yang luas, manajemen relatif mudah dalam, biaya rendah, dan peternak lebah mendapatkan penghasilan tambahan produk dari sarang lebah (Shuntaro Watanabe *et al.*, 2018). Lebah madu Eropah ini digunakan untuk menyerbuki 66 komoditas di semua benua, kecuali Benua Antartika Shuntaro Watanabe *et al.* (2016). Di Indonesia lebah *Trigona spp* cukup melimpah yaitu ± 30 jenis dari ± 500 spesies di dunia, dan koloninya tersebar pada berbagai wilayah pertanian, perkebunan dan kehutanan termasuk wilayah Agroforestri. Di Sulawesi terdapat 5 spesies lebah *Trigona spp.* yaitu *Tetragonula sapiens*, *T. clypearis*, *T. fuscobalteata*, *Lepidotrigona terminata*, and *Trigona incisa/Geniotrigona incisa* atau *Wallacetrigona incisa* (Tiara *et al.*, 2020). Lebah *Trigona incisa* merupakan salah satu lebah endemik yang ukuran tubuhnya paling besar diantara lebah *Trigona* lainnya dan potensi produksinya paling besar diantar lebah *Trigona* lainnya, sehingga keterpaduan antara lebah *Trigona incisa* dengan tanaman Agroforestri lainnya perlu diteliti.

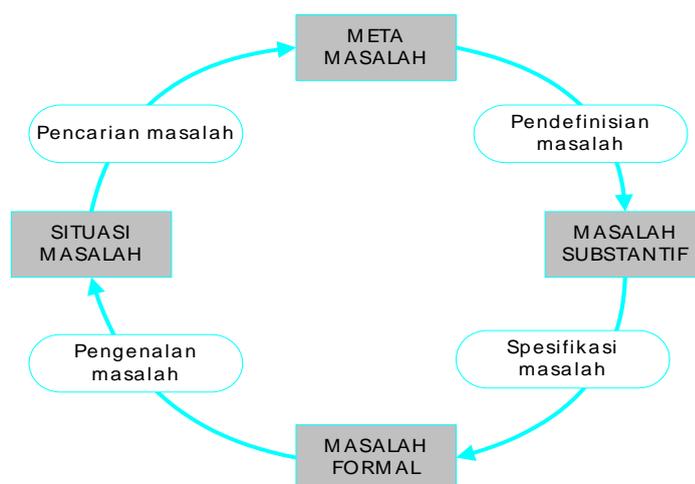
Alih guna lahan hutan menjadi lahan pertanian disadari menimbulkan banyak masalah seperti penurunan kesuburan tanah, erosi, kepunahan flora dan fauna, banjir, kekeringan dan bahkan perubahan iklim dan lingkungan global. Masalah ini bertambah berat dari waktu ke waktu sejalan dengan meningkatnya luas areal hutan yang dialih-gunakan menjadi lahan usaha lain. Agroforestri adalah salah satu sistem pengelolaan lahan yang dapat ditawarkan untuk mengatasi masalah yang timbul akibat adanya alih-guna lahan tersebut di atas dan sekaligus juga untuk mengatasi masalah pangan, sedangkan lebah madu lokal yang merupakan partner petani di sekitar hutan sejak dulu, sehingga dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan dalam mengkombinasikannya. Namun sampai saat ini kombinasi antara tanaman pertanian, kehutanan dan lebah lokal *Trigona incisa* belum diketahui karakteristiknya dan kesesuaian lahannya yang dapat dijadikan wilayah agroforestri berbasis lebah madu *Trigona incisa* sebagai bentuk model penangkaran Agroforestri yang baru. Di samping itu sejak masa pandemi *Covid-19* tingkat konsumsi madu *Trigona* meningkat cukup tajam, karena madu *Trigona spp.* dipercaya sebagai salah satu sumber makanan yang kaya zat imun untuk meningkatkan zat imun tubuh untuk melawan virus *Covid-19*. Oleh karena itu madu *Trigona incisa* yang dihasilkan perlu diketahui kualitasnya sebagai bagian terintegrasi dalam sistem Apisilvikultur.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka perlu untuk diadakan penelitian tentang „ Agroforestri berbasis lebah *Trigona incisa* menuju sistem pertanian berkelanjutan „ sehingga diharapkan dapat menjawab salah satu tantangan pengembangan Agroforestri pada umumnya dan pembangunan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan dan Indonesia pada umumnya.

B. Rumusan Masalah

Wilayah Agroforestri cukup luas dan telah lama dipraktekkan oleh petani di Sulawesi Selatan sebagai salah satu pilar ekonomi pedesaan, serta merupakan potensi basis penangkaran lebah *Trigona incisa*, di sisi lain, lebah madu lokal *Trigona incisa*. sangat potensial menghasilkan 12 macam produk bernilai ekonomi tinggi yang dibutuhkan oleh industri makanan, minuman , farmasi dan kecantikan, yang bahan baku utamanya berasal dari bunga tanaman berupa nektar dan pollen (anther/serbuk sari), dan bagian tanaman selain bunga berupa *ekstranutfialnektar* yaitu cairan manis yang berasal dari buah, pucuk, tunas, daun,batang, cabang,dan ranting. Sampai saat ini lebah madu tersebut belum mendapat perhatian , terutama dalam pemanfaatannya secara terintegrasi dengan tanaman kehutanan , pertanian dan perkebunan, bahkan sebagian besar petani belum mengenalnya, mengabaikannya dan terkadang mengusirnya dengan jalan membakar. Lebah ini sangat efektif dalam mengawinkan tanaman sehingga dapat meningkatkan kualitas dan kuantitas tanaman, disamping menghasilkan 12 macam produk pollinator seperti tersebut di atas.

Berdasarkan fase perumusan masalah menurut Dunn (1994), maka tahapan perumusan masalah dan masalah formalnya dapat dilihat pada Gambar 1 sbb :



Gambar 1. Tahapan perumusan masalah

1 Situasi Masalah (fenomena) :

- a. Wilayah Agroforestri cukup luas dan telah lama dipraktekkan.
- b. Populasi lebah *Trigona incisa* melimpah dan kurang mendapat perhatian, bahkan dibakar.
- c. Bunga tanaman melimpah dan terbang percuma di wilayah Agroforestri.
- d. Lebah madu dapat mengkonversi bunga tanaman menjadi bahan bernilai ekonomi tinggi.
- e. Lebah madu menjadi salah satu komoditi unggulan Pemerintah Provinsi Sulawesi Selatan dalam kerangka GERBANG EMAS.
- f. Keterpaduan lebah madu *Trigona incisa*. dengan tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan belum dikaji.
- g. Karakteristik wilayah Agroforestri berbasis lebah *Trigona incisa*. belum diketahui.

2. Meta Masalah : Ekonomi, Ekologi, Sosial-Budaya, dan Kebijakan.

3. Masalah Substantif : Karakteristik dan Kesesuaian Lahan Apisilvikultur

4. Masalah Formal (*Problem Statement*) :

- a. Terdapat karakteristik tertentu (ekonomi, ekologi, sosial-budaya) wilayah yang dapat dijadikan/ sesuai Agroforestri berbasis lebah *Trigona incisa* (Apisilvikultur).
- b. Agroforestri berbasis lebah *Trigona incisa*. memiliki estimasi pendapatan petani agroforestri yang cukup tinggi .
- c. Sistem Apisilvikultur tersebut memiliki peluang sebagai Agroforestri berkelanjutan.

5. Pertanyaan Riset :

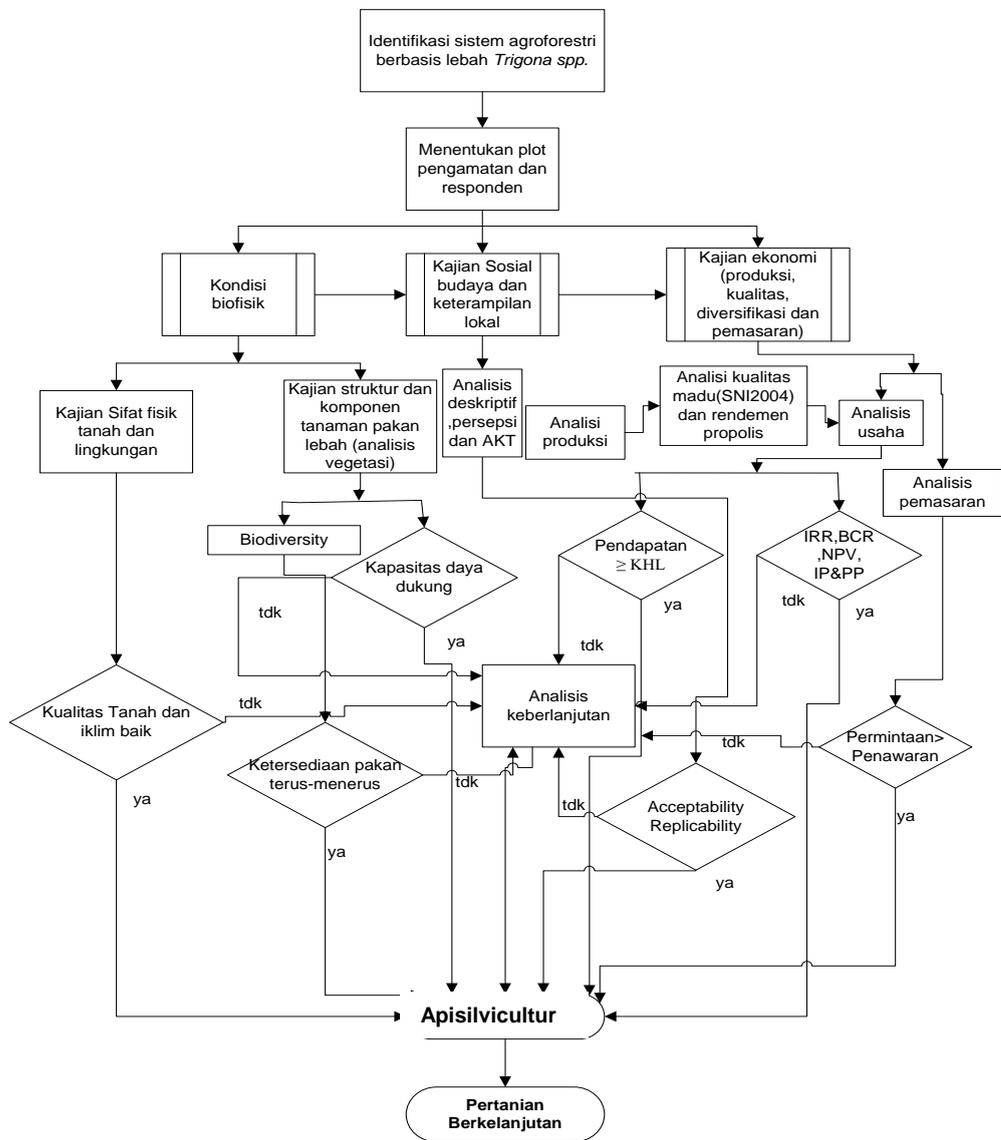
- a. Bagaimana karakteristik, ekonomi, ekologi, sosial –budaya wilayah Agroforestri berbasis lebah *Trigona incisa*?
- b. Berapa besarnya estimasi pendapatan petani Agroforestri, dan bagaimana kelayakan finansialnya ?
- c. Apakah Apisilvikultur tersebut berkelanjutan (ekonomi, ekologi, sosial-budaya) ?

C. KEBAHARUAN (NOVELTY)

1. Suatu penemuan tentang sistem agroforestri berkelanjutan, yaitu sistem apisilvikultur dengan memadukan lebah *Trigona incisa* dan areal agroforestri untuk mendapatkan hasil yang optimum dan berkelanjutan secara ekonomi, ekologi dan sosial – budaya.
2. Penemuan 11 Sub-tipe Apisilvikultur.
3. Penemuan tentang perpaduan sosial-budaya dan teknologi apiari dalam sistem apisilvikultur yang *acceptable* (dapat diterima) dan *replicable* (dapat diaplikasikan di masyarakat)

D. KONSEP PEMECAHAN MASALAH (CONCEPTUAL /TEORITICAL FRAMEWORK)

Seluruh data dari setiap variabel yang diperoleh akan dianalisis secara statistika, baik secara deskriptif (kualitatif), maupun kuantitatif dengan menggunakan perangkat lunak komputer (*software*). Analisis deskriptif dilakukan terhadap profil petani sampel dan variabel-variabel sosial ekonomi petani di lokasi penelitian. Analisis kuantitatif dan kualitatif dilakukan terhadap variabel-variabel fisik, kimia dan biologi serta kajian keberlanjutan agrosistem yang diamati. Kerangka pemecahan masalah (*Theoretical Frame Work*) disajikan pada Gambar 2.



Gambar 6 Tahapan pelaksanaan penelitian

Gambar 2. Kerangka Konseptual Pemecahan Masalah

E. Tujuan Penelitian

1. Tujuan umum :

Menemukan sistem agroforestri berkelanjutan dengan memanfaatkan dan memadukan lebah *Trigona incisa*. dan areal agroforestri untuk mendapatkan hasil yang optimum dan berkelanjutan (ekonomi, ekologi, sosial - budaya)

2. Tujuan khusus :

1. Menentukan nilai **ekologi** : struktur tanaman pakan, potensi dan ketersediaan pakan lebah *Trigona incisa* pada sistem Apisilvikultur.
2. Mengestimasi nilai **ekonomi**:, pendapatan, kelayakan finansial, diversifikasi produk dan kualitas madu dari sistem Apisilvikultur berbasis lebah madu *Trigona incisa*.
3. Menentukan nilai *acceptasi dan replikasi* **sosial-budaya** dan kebijakan pendukung dalam sistem Apisilvikulturi berbasis lebah *Trigona incisa*.
4. Menentukan **keberlanjutan Apisilvikultur** berdasarkan aspek ekologi, ekonomi dan sosial- budaya.

F. Manfaat Penelitian

1. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan masukan dan pertimbangan bagi pelaku/ petani Apisilvikultur, pemerintah/ penentu kebijakan ,pengusaha dan penelitian selanjutnya.
2. Petani Apisilvikultur diharapkan dapat memanfaatkan potensi lebah lokal *Trigona incisa*. dalam rangka mengoptimalkan produksi, pendapatan dan diversifikasi produk Apisilvikultur dan produksi madu berkualitas tinggi, yang selama ini masih terabaikan.

3. Petani dan Instansi terkait dapat menerapkan sistem Apisilvikultur dan teknologi lebah madu *Trigona incisa* secara massal pada wilayah Agroforestry yang potensial..

G. HIPOTESIS

1. Sistem Apisilvikultur berbasis lebah *Trigona incisa* memiliki nilai **ekologi** yang potensial: struktur tanaman pakan, potensi dan ketersediaan pakan lebah *Trigona incisa* pada sistem Apisilvikultur.
2. Apisilvikultur berbasis lebah madu *Trigona incisa*. dapat meningkatkan nilai **ekonomi** yaitu: pendapatan, kelayakan finansial, diversifikasi produk, memiliki produk madu berkualitas tinggi serta berkelanjutan,.
3. Sistem Apisilvikultur berbasis lebah madu *Trigona incisa* memiliki nilai **acceptasi dan replikasi secara sosial-budaya**.
4. Wilayah Apisilvikultur memiliki karakteristik ekonomi, ekologi dan sosial-budaya yang dapat disinergikan dengan lebah lokal *Trigona incisa*. dan **berkelanjutan**.

H. Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini ruang lingkupnya meliputi kebun campuran pola Agroforestri yang diusahakan secara terpadu dengan lebah madu lokal *Trigona incisa*. pada lahan milik petani di berbagai lokasi yang dapat mewakili di Kabupaten Luwu Utara Provinsi Sulawesi Selatan. Kajian Sistem Apisilvikultur ini meliputi valuasi ekonomi, ekologi, sosial-budaya.

Kajian ekologi ruang lingkupnya terdiri atas: struktur vegetasi komponen penyusun apisilvikultur, yaitu tanaman pertanian, perkebunan, kehutanan, dan pakan ternak yang meliputi : kerapatan, frekuensi, dan dominansi relatif ,dan nilai penting jenis, nilai keragaman vegetasi, potensi pakan, daya dukung serta ketersediaan pakan.

Kajian ekonomi yang digunakan adalah produksi, diversifikasi produk pisilvikultur, kualitas madu, biaya dan pendapatan dari seluruh komponen usahatani sistem Apisilvikultur, sedangkan kelayakan finansialnya meliputi : analisis *Benefit Cost Ratio* (BCR), *Net Present Value* (NPV), dan *Internal Rate of Return* (IRR), *Payback Periode* (PP) dan Analisis Sensivitas.

Kajian sosial –budaya dibatasi pada : tingkat penerimaan secara sosial budaya, penerimaan teknologi dan kebijakan pendukung, sedangkan **kajian keberlanjutan apisilvikultur** meliputi keberlanjutan, ekologi, ekonomi dan sosial-budaya yaitu agroforestri yang dapat memberikan pendapatan yang layak dan berkesinambungan untuk memenuhi kebutuhan hidup yang layak, potensi dan kontnuitas ketersediaan pakan lebah *Trigona incisa* untuk mendukung keberlanjutan produk Apisilvikultur, serta secara sosial budaya dapat diterima (*acceptable*) dan mudah diaplikasikan (*replicable*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Pengertian Agroforestri

Ada beberapa definisi tentang agroforestri yang telah banyak dikembangkan oleh para ahli. Terdapat 12 definisi, dan memberikan pengertian tersendiri tentang agroforestri sebagai suatu sistem penggunaan lahan yang berorientasi sosial dan ekologi dengan mengintegrasikan pepohonan (hutan) dengan tanaman pertanian dan atau ternak secara simultan atau berurutan, untuk mendapatkan total produksi tanaman dan hewan secara berkelanjutan dari suatu unit lahan, dengan *input* teknologi yang sederhana dan lahan yang marjinal (Nair 1989a).

Agroforestri adalah “hutan buatan” yang didominasi tanaman serbaguna yang dibangun petani pada lahan-lahan pertanian. Dalam pengertian luas, agroforestri tampak lebih teratur ketimbang hutan alam primer (De Foresta *et al.* 2000). Dalam pengertian sempit, berisi campuran tanaman pohon, rumput-rumputan (*graminae*), dan aneka tumbuhan lain: mulai dari lumut, pakis-pakisan, semak, pakis besar, tumbuhan merambat, dan anggrek. Nair (1989a) mengemukakan bahwa agroforestri adalah suatu sistem penggunaan lahan yang: (a) tanaman tahunan dan tanaman perdu tumbuh bersama-sama dalam campuran dengan pembagian tapak dan secara berurutan dengan atau tanpa hewan, dan (b) menghasilkan lebih besar keuntungan pada penggunaan lahannya daripada

mengusahakan tanaman pertanian atau hutan saja. Keuntungan yang dimaksud termasuk satu atau lebih dari kriteria berikut: terjadi keberlanjutan usaha konservasi tanah, peningkatan hasil, memperkecil resiko kerusakan atau kegagalan tanaman, kemudahan pengelolaan dan pengendalian hama-penyakit, dan dapat memenuhi kebutuhan sosial ekonomi masyarakat setempat.

Masyarakat Indonesia, telah lama mempraktekkan Agroforestri sebagai suatu kegiatan membuka lahan pertanian dengan cara pemotongan dan pembakaran hutan untuk penanaman tanaman pangan, hortikultura semusim maupun tahunan serta tanaman perkebunan. Tanaman pohon dimanfaatkan sebagai naungan bagi tanaman pangan dan saat yang sama juga dapat mencegah penurunan kelembaban tanah untuk pertumbuhan tanaman.

Agroforestri sebagai suatu sistem manajemen lahan yang berkelanjutan untuk meningkatkan variasi hasil lahan dengan mmengkombinasikan antara tanaman pertanian dan tanaman hutan dan atau hewan secara simultan atau berurutan dalam unit lahan yang sama dan dengan aplikasi pengelolaan yang sesuai dengan budaya masyarakat setempat. Definisi tersebut kembali dipertegas oleh Chundawat dan Gautam (1993) yang kemudian mengemukakan alternatif pengertian Agroforestri, yaitu sebagai suatu istilah atau nama kolektif untuk semua sistem pengelolaan lahan dengan teknologi yang sepadan. Tanaman pohon (hutan) denga sengaja diusahakan dalam unit pengelolaan lahan

yang sama dengan tanaman pertanian dan atau ternak pada saat bersamaan atau berurutan.

Pengertian agroforestri menurut Satjapradja (1981), yang kemudian memberikan batasan umum bentuk pemanfaatan lahan secara optimal pada suatu tapak yang mengusahakan produksi biologis berdaur pendek dan berdaur panjang (tanaman pertanian dan kehutanan), membentuk tajuk yang berlapis-lapis, berdasarkan kelestarian, baik ditanam secara serentak, maupun berurutan di dalam dan atau diluar kawasan hutan untuk kesejahteraan masyarakat.

Definisi agroforestri sebagai suatu sistem budidaya yang terdiri dari tanaman pohon dan non-pohon yang tumbuh dalam asosisasi tertutup, dalam satu kesatuan kehutanan dan agronomis. Tujuannya adalah untuk memaksimumkan produksi dalam jangka panjang. Hasil yang diperoleh sekaligus berasal dari dua komponen tersebut, yaitu tanaman pohon dan non-pohon (Nair,1989d) .

, Nair (1989a), Chundawat dan Gautam (1993) membatasi agroforestry dengan kriteria sebagai berikut: (a) dalam bentuk yang normal, agroforestri terdiri dari dua atau lebih spesies tanaman (dan atau hewan), (b) agroforestri selalu memiliki dua atau lebih produk, (c) siklus dari sistem agroforestri selalu lebih dari satu tahun, dan (d) sistem agroforestri lebih kompleks daripada sistem monokultur dengan keuntungan secara ekologis (struktur dan fungsinya) dan keuntungan secara ekonomis

Agroforestri sebagai suatu istilah yang mencakup beberapa bentuk, yaitu:

1. *Agri-Silvikultur*, yaitu gabungan pertanaman pertanian-kehutanan atau pertanian-kehutanan-peternakan yang ternaknya tidak digembalakan, melainkan dipelihara, dikandangan dan pakannya disediakan dengan hijauan.
2. *Silvopastoral*, yaitu gabungan pertanaman kehutanan-peternakan yang ternaknya digembalakan. Dalam sistem ini biasanya ternak dilepas setelah tanaman telah dewasa untuk menghindari gangguan terhadap tanaman muda. Pelaksanaan yang umum dari sistem *Silvopastoral* adalah penanaman pohon di sekeliling lahan penggembalaan sehingga disebut jalur protein (contoh: menanam tanaman pakan yang kaya protein di lahan pertanian atau padang penggembalaan untuk dipotong sebagai pakan ternak) dan menanam tanaman di area padang penggembalaan.
3. *Agro-Silvo-Pastoral*, yaitu gabungan pertanaman pertanian-kehutanan-peternakan yang ternaknya digembalakan. Walaupun sistem ini tidak dilaksanakan secara intensif, namun tipe ini mengusahakan beberapa campuran tanaman yang tidak saling mengganggu, sehingga diperlukan pemilihan jenis tanaman yang selektif. Berberapa kasus dapat ditemui bahwa sistem ini dapat dilakukan di pekarangan rumah dengan cara mengkombinasikan penanaman tanaman pohon, tanaman pangan dan ternak di

pekarangan. Sistem ini juga berfungsi antara lain: untuk menyediakan berbagai jenis kebutuhan kayu, pupuk hijau, mulsa dan konservasi tanah.

4. Sistem hutan serbaguna, yaitu budidaya pohon hutan untuk menghasilkan kayu, pangan dan atau makanan ternak, baik berupa daun atau buah. Di antaranya adalah pemanfaatan lahan teras, tanaman lorong, atau tanaman sela (*intercropping*), kebun campuran, tanaman pohon campuran di lahan tanaman pangan, pekarangan, penanaman pohon pada lahan konservasi dan reklamasi, jalur hijau, dan jalur pelindung angin dan pemukiman (Lal,1979), Nair (1989b), Williams (1997), dan Young (1997).

Chundawat dan Gautam (1993), menjelaskan bahwa tipe agroforestri ini dengan: (a) *Apicultural* yaitu kombinasi budidaya tanaman pohon dengan pemeliharaan lebah madu, dan (b) *Aquaforestry* atau *Agroaquaforestry* yaitu sistem agroforestri yang mengkombinasikan pemeliharaan ikan dengan tanaman pohon (hutan) dan tanaman pertanian. Interaksi antara sistem hutan, pertanian dan kolam ikan merupakan bentuk yang lazim ditemui, selain penanaman pohon bernilai ekonomis yang mampu tumbuh dalam kondisi tergenang (dalam rawa atau gambut).

Agroforestri sebagai suatu cabang ilmu pengetahuan baru di bidang pertanian dan kehutanan, berupaya mengenali dan mengembangkan keberadaan sistem agroforestri yang telah dipraktekkan oleh petani sejak dulu kala. Secara sederhana, agroforestri berarti

menanam pepohonan di lahan pertanian, dan petani atau masyarakat adalah elemen pokoknya (subyek). Dengan demikian kajian agroforestri tidak hanya terfokus pada masalah tehnik dan biofisik saja, tetapi juga masalah sosial, ekonomi dan budaya yang selalu berubah dari waktu ke waktu, sehingga agroforestri merupakan cabang ilmu yang dinamis (Utami dkk., 2003).

Sistem agroforestri dicirikan oleh keberadaan komponen pohon dan tanaman semusim dalam ruang dan waktu yang sama. Kondisi ini mengakibatkan pengurangan bidang olah bagi budidaya tanaman semusim karena perkembangan tajuk. Oleh karena itu, dinamika ruang sistem agroforestri sangat ditentukan oleh karakteristik komponen penyusun dan sistem budidaya pohon (aspek silvikultur), sungguhpun kondisi fisik lahan dan pola agroforestri yang dikembangkan juga menjadi faktor penentu (Nair, 1993).

Konsep agroforestri dirintis oleh suatu tim dari *Canadian International Development Centre*, yang bertugas untuk mengidentifikasi prioritas pembangunan di bidang kehutanan di negara berkembang dalam tahun 1970-an. Oleh tim ini dilaporkan bahwa hutan di negara tersebut belum cukup dimanfaatkan. Penelitian yang dilakukan dibidang kehutananpun sebagian besar hanya ditujukan kepada dua aspek produksi kayu, yaitu eksploitasi secara selektif di hutan alam dan tanaman hutan secara terbatas. Menurut *International Council for Research in Agroforestry*, definisi agroforestri adalah suatu sistem pengelolaan lahan dengan berasaskan kelestarian, yang meningkatkan hasil lahan secara keseluruhan, mengkombinasikan produksi tanaman (termasuk tanaman pohon-pohonan) dan tanaman hutan dan/atau hewan secara bersamaan atau berurutan pada unit lahan yang sama, dan menerapkan cara-cara pengelolaan yang sesuai dengan kebudayaan penduduk setempat (King, 1987).

Dalam suatu seminar mengenai agroforestri dan pengendalian perladangan berpindah, di Jakarta pada Bulan Nopember 1981,

agroforestri didefinisikan sebagai suatu metode penggunaan lahan secara optimal, yang mengkombinasikan sistem-sistem produksi biologi yang berotasi pendek dan panjang (suatu kombinasi produksi kehutanan dan produksi biologi lainnya) dengan suatu cara berdasarkan azas kelestarian, secara bersamaan atau berurutan, dalam kawasan hutan atau di luarnya, dengan tujuan untuk mencapai kesejahteraan rakyat (Satjapradja, 1981).

Nair (1989a) setelah meninjau kembali definisi tersebut, mengusulkan untuk menggunakan definisi agroforestri sebagai suatu nama kolektif untuk sistem-sistem penggunaan lahan, teknologi, dalam hal ini, tanaman keras berkayu (pohon-pohonan, perdu, jenis-jenis palm, bambu, dsb.) ditanam bersamaan dengan tanaman pertanian, dan/atau hewan, dengan suatu tujuan tertentu dalam suatu bentuk pengaturan spasial atau urutan temporal, dan di dalamnya terdapat interaksi-interaksi ekologi dan ekonomi di antara berbagai komponen yang bersangkutan.

Sistem agroforestri dipandang dari sudut ekologi dan ekonomi lebih kompleks dari pada sistem monokultur. Suatu sistem agroforestri, produksinya selalu beranekaragam dan saling tergantung satu sama lainnya. Sekurang-kurangnya, satu komponen merupakan tanaman keras berkayu, sehingga siklusnya selalu lebih dari satu tahun. Sistem agroforestri juga bersifat lokal, karena harus cocok dengan kondisi ekologi, sosial ekonomi dan kelembagaan setempat. Keadaan ini menunjukkan bahwa sifat keilmuan dari sistem Agroforestri adalah multidisipliner, termasuk antara lain disiplin ilmu agronomi, hortikultura, kehutanan, sosial, ekonomi dan teknologi (Nair, 1993).

Sanchez (1995) mengemukakan bahwa pengertian agroforestri adalah sebuah sistem pengelolaan lahan yang memadukan pohon-pohon dengan tanaman pertanian dan berada dalam lansekap pertanian. Definisi ilmiah agroforestri harus mengandung dua ciri umum, yaitu: (1) Menumbuhkan dengan sengaja tumbuhan tanaman berkayu pada unit lahan yang sama dengan tanaman pertanian, pangan/ ternak, atau juga dalam bentuk campuran secara spasial atau dalam urutan waktu. (2) Ada

interaksi yang nyata (positif dan/atau negatif) antara komponen sistem tumbuhan berkayu dan bukan kayu, secara ekologi dan ekonomi (Nair, 1985a). Selanjutnya dijabarkan oleh Nair (1993) bahwa ada empat komponen utama yang menjadi ciri agroforestri, yaitu: (1) Menghasilkan berbagai macam keluaran yang dikombinasikan dengan perlindungan terhadap sumberdaya, (2) Menggunakan jenis lokal, tumbuhan bawah dan pohon serbaguna yang bertujuan agar agroforestri sesuai untuk lingkungan yang rentan, (3) Lebih mengedepankan nilai-nilai sosial-budaya dibanding dengan sistem penggunaan lahan yang lain, dan (4) Praktek agroforestri yang dilakukan secara struktural maupun fungsional lebih rumit daripada budidaya monokultur.

Nair (1989b); Chundawat & Gautam (1993) membatasi agroforestri dengan kriteria sbb: (1) Agroforestri terdiri dari dua atau lebih spesies tanaman (dan atau hewan), (2) Selalu memiliki dua atau lebih produk, (3) Siklus dari agroforestri selalu lebih dari satu tahun, dan (4) Sistem agroforestri lebih kompleks dari pada sistem monokultur dengan sekaligus memenuhi keuntungan secara ekologi (struktur dan fungsinya) dan keuntungan secara ekonomi.

B. Fungsi Agroforestri

Sistem agroforestri dapat dibedakan menjadi fungsi produksi yaitu, produksi pangan, pakan, bahan bakar kayu, serat dan kayu serta fungsi proteksi dan perlindungan yaitu pencegahan dari kerusakan sumber daya lingkungan dan sekaligus pemeliharaan sistem produksi seperti tanaman pagar, pematah angin, pencegah kebakaran, konservasi tanah dan air. Ditambahkan oleh Tim AruPA (1999), agroforestri juga memiliki berbagai macam fungsi yang tidak ternilai (*intangible benefit*), seperti fungsi keindahan, fungsi perlindungan tata air, fungsi keseimbangan lingkungan hidup, pendidikan *non-formal* bagi anak-anak dan berbagai fungsi sosial lainnya (Wojtkowski 2002),.

Agroforestri dapat berfungsi mendukung konservasi tanah dan air, yang sekaligus dapat mengontrol aliran permukaan dan erosi tanah, dan secara efektif menekan kehilangan air, tanah, bahan organik dan mineral-mineral. Di samping itu juga dapat berfungsi sebagai kontrol dalam deforestasi dan permasalahan lingkungan yang diakibatkannya serta menahan relief hutan alam dengan kawasan pertanian pangan. Hal penting lainnya dari fungsi agroforestri adalah sebagai penyedia komoditas pangan, sekaligus sebagai suaka margasatwa yang dapat meningkatkan keragaman hayati dan sebagai pelestarian plasma nutfah dan satwa liar (Anonim, 2000).

Manfaat secara ekologi atau lingkungan dapat bermanfaat berupa: (a) pengurangan tekanan terhadap hutan, terutama hutan lindung dan suaka alam; (b) lebih efisien dalam siklus hara, terutama pemindahan hara dari kedalaman solum tanah ke lapisan permukaan tanah oleh sistem perakaran tanaman pepohonan yang dalam; (c) penurunan dan pengendalian aliran permukaan, pencucian hara dan erosi tanah; (d) pemeliharaan iklim mikro seperti terkendalinya temperatur tanah lapisan atas, pengurangan evapotranspirasi dan terpeliharanya kelembaban tanah oleh pengaruh tajuk dan mulsa sisa tanaman; (e) sistem ekologi terpelihara lebih baik dengan terciptanya kondisi yang menguntungkan dari populasi dan aktifitas mikroorganisme tanah; (f) penambahan hara tanah melalui dekomposisi bahan organik sisa tanaman dan atau hewan; dan (g) terpeliharanya struktur tanah akibat siklus yang konstan dari bahan organik sisa tanaman dan hewan (Young, 1997; Moore, 1997).

Secara ekonomi, sistem agroforestri sangat menguntungkan terutama dalam hal: (a) peningkatan keluaran dalam arti lebih bervariasinya produk yang diperoleh yaitu berupa pangan, pakan, serat, kayu, bahan bakar, pupuk hijau, dan atau pupuk kandang; (b) memperkecil kegagalan panen karena gagal atau menurunnya panen dari salah satu komponen masih dapat ditutupi oleh adanya hasil (panen) komponen lain dan; (c) meningkatnya pendapatan petani, karena *input*

yang diberikan akan menghasilkan *output* yang berkelanjutan (Lahjie, 2004).

Secara sosial dari diterapkannya sistem agroforestri adalah: (a) terpeliharanya standar kehidupan masyarakat pedesaan dengan keberlanjutan pekerjaan dan pendapatan; (b) terpeliharanya sumber pangan dan tingkat kesehatan masyarakat karena peningkatan kualitas dan keragaman produk pangan, gizi, dan papan dan; (c) terjaminnya stabilitas komunikasi petani dan pertanian lahan kering sehingga dapat mengurangi dampak negatif urbanisasi (Munasinghe, 1993).

C. Klasifikasi Agroforestri

Nair (2002) mengemukakan bahwa setiap sistem dari berbagai sistem tradisional di berbagai belahan dunia adalah merupakan contoh dari spesifik lokasi yang saling berkait atau sebagai kombinasi dari komponen-komponen yang dicirikan oleh jenis tumbuhan, cara penataan atau pengelolaan, dan faktor lingkungan, sosial dan ekonomi. Meskipun terdapat keragaman yang besar di antara sistem tersebut, namun terdapat kemiripan, karena setiap sistem bersifat khas menurut lokasi dan dipengaruhi oleh kondisi-kondisi setempat, sehingga terdapat ratusan sistem agroforestri yang didefinisikan, namun seluruh sistem tersebut dapat diperkecil atas dasar ciri-ciri yang khusus cara penataan setiap komponennya menurut ruang dan waktu, yang dikenal sebagai praktek-praktek agroforestri.

Praktek-praktek agroforestri yang utama di wilayah tropis menurut Nair (2002) adalah sebagai berikut :

- a. Tanaman lorong (*alley cropping*): Pohon cepat tumbuh (terutama jenis legum) ditanam di lahan pertanian.
- b. Taungya/ tumpangsari: Penanaman tanaman pertanian selama tahap awal pembangunan hutan tanaman.

- c. Kebun pekarangan: Kombinasi tajuk secara berlapis dari sejumlah besar pohon dan tanaman pangan di pekarangan, terkadang dikombinasikan dengan ternak.
- d. Perbaikan tanah tandus: Pohon yang cepat tumbuh, terutama jenis legum, jenis berkayu ditanam dan dibiarkan tumbuh selama tahap pergiliran ladang.
- e. Pohon untuk konservasi dan reklamasi tanah: Pohon ditanam pada teras-teras atau tempat yang menonjol, dengan atau tanpa penanaman jalur rumput.
- f. Pakan ternak di bawah hutan tanaman/ perkebunan (*silvovastor*): Penanaman pakan ternak seperti rumput di bawah hutan tanaman/ perkebunan.
- g. Sistem pohon penabung: Perpaduan tanaman campuran seperti kelapa, coklat, kopi dan karet dengan pohon lain, pohon penabung dan/atau tanaman semusim.
- h. Sabuk penahan dan pemecah angin: Menanam tanaman pohon untuk melindungi lahan pertanian dari gangguan angin, rembesan air laut, banjir, semprotan garam laut, dan lain-lain.

Secara umum praktek agroforestri yang ada di dunia dibagi dalam tiga kelompok besar berdasarkan atas dasar kombinasi komponen (Nair, 1985b), yaitu:

- a. Agrisilvikultur: tanaman pangan dan tanaman berkayu.
- b. Silvovastor: tanaman pakan ternak dan tanaman berkayu.
- c. Agrosilvovastor : tanaman pangan, pakan ternak, dan tanaman berkayu.

Selanjutnya menurut definisi Nair (1989c), agroforestri mencakup selang variasi yang cukup luas dan dapat diklasifikasikan berdasarkan kriteria-kriteria sebagai berikut:

- a. Dasar struktural: menyangkut komponen, seperti sistem silvikultur, silvopastur, dan agrisilvopastor.
- b. Dasar fungsional: menyangkut fungsi utama atau peranan dari sistem, terutama komponen kayu-kayuan.
- c. Dasar sosial ekonomi: menyangkut tingkat masukan dalam pengelolaan (masukan rendah atau masukan tinggi) atau intensitas dan skala pengelolaan, atau tujuan-tujuan usaha (subsistem, komersial atau intermediet)
- d. Dasar ekologi: menyangkut kondisi lingkungan dan kecocokan ekologi dan sistem.

Sistem agroforestri telah banyak dikembangkan dengan bentuk yang beragam tergantung kondisi wilayah, lokasi dan tujuan sistem agroforestri itu sendiri. Menurut (Moore 1997), keragaman sistem agroforestri tersebut dapat dikelompokkan ke dalam empat dasar, utama yaitu: (a) berdasarkan strukturnya (*structural basis*) yang berarti penggolongan sistem agroforestri dilihat dari komposisi komponen penyusunannya (komoditas pertanian, hutan, pakan, dan atau ternak); (b) berdasarkan fungsinya (*functional basis*), penggolongan sistem agroforestri ditinjau dari fungsinya seperti fungsi produksi dan fungsi proteksi atau perlindungan; (c) berdasarkan sosial-ekonominya (*socioeconomic basis*) yang ditinjau dari segi tingkat pengelolaan dan tujuan komersialnya, dan; (d) berdasarkan ekologinya (*ecological basis*) yang didasarkan pada kondisi ekologi tempat atau lokasi sistem agroforestri diterapkan atau ditemukan.

Menurut Michon *et al.*, (1989), berdasarkan faktor ekologi, sistem agroforestri dapat dibedakan ke dalam tiga kategori, yaitu sistem agroforestri pada daerah dataran rendah *humid* dan *subhumid*, pada daerah *arid* dan semi *arid* serta pada dataran tinggi (Wojtkowski, 2002). Di Indonesia, khususnya di Sumatera, sistem agroforestri banyak dijumpai pada daerah tinggi atau lereng-lereng bukit yang umumnya terbentuk akibat konversi penggunaan lahan hutan menjadi lahan budidaya.

Berdasarkan faktor sosial-ekonomi, sistem agroforestri dibedakan atas: (a) tujuan komersil, yaitu pengelolaannya dimaksudkan terutama untuk menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi melebihi sistem monokultur; (b) *subsistence*, yaitu sistem agroforestri yang dikelola tanpa mempertimbangkan *input* dan *output*, berdasarkan tenaga keluarga dan umumnya merupakan dampak dari sistem perladangan berpindah dan; (c) *intermediate*, yaitu sistem agroforestri yang memiliki sifat antara komersial dan subsisten dengan tingkat pengelolaan dan pencapaian produksi yang medium dan tetap mempertimbangkan *input* meski pada tingkat minimal.

D. Apisilvikultur

1. Pemeliharaan lebah dalam sistem apisilvikultur

Penentuan lokasi pemeliharaan lebah madu perlu mempertimbangkan ketersediaan pakan, pendataan jenis-jenis tanaman penghasil nektar dan pollen, umur tanaman, kepadatan tanaman, serta kesuburannya. Kondisi lokasi perlebaran sangat erat kaitannya dengan penempatan jumlah stup pemeliharaan persatuan luasnya (ha). Hal ini dimaksudkan untuk mencapai daya dukung optimal perlebaran terhadap

jumlah koloni lebah yang ada. Kompetisi lebah dalam mencari pakan dapat menyebabkan turunnya produksi atau terganggunya keseimbangan populasi lebah dan bahkan memungkinkan hijrahnya lebah. Lebah madu biasanya mencari makan dalam radius 3 km dari sarang, tetapi kadang-kadang mereka melakukan perjalanan jauh jika memang harus (Situmorang dan Hasanudin, 2014).

Menurut Widodo (2013), dalam melakukan usaha budidaya lebah madu beberapa hal yang perlu di persiapkan antara lain sebagai berikut:

1. Lokasi; dalam hal ini penentuan lokasi sangat menentukan keberhasilan dalam mengembangkan usaha budidaya lebah madu. Penentuan lokasi lebah madu yang perlu diperhatikan adalah faktor iklim di lokasi. Faktor iklim merupakan salah satu bagian yang penting dalam pengembangan usaha budidaya lebah madu, karena iklim dapat mempengaruhi kelangsungan kehidupan lebah madu. Beberapa faktor iklim yang perlu diperhatikan selama mengembangkan usaha budidaya lebah madu adalah suhu, kelembaban, curah hujan dan ketinggian tempat.
2. Suhu; lebah madu merupakan golongan serangga berdarah dingin, sehingga sangat dipengaruhi oleh perubahan suhu udara disekitarnya. Suhu ideal yang cocok bagi lebah adalah sekitar 26 °C, pada suhu ini lebah madu dapat beraktifitas normal. Sedangkan apabila suhu berada dibawah 10 °C dapat mengakibatkan urat sayapnya menjadi lemah sehingga tidak mampu terbang. Lokasi yang disukai lebah adalah tempat terbuka, jauh dari keramaian dan banyak terdapat bunga sebagai pakannya.
3. Kelembaban; faktor kelembapan harus diperhatikan karena akan mempengaruhi kandungan air dalam stup atau glodok. Lebah menghendaki tempat yang tidak terlalu lembab dan tidak terlalu kering. Kondisi yang terlalu lembab bisa mengakibatkan timbulnya

bakteri maupun jamur di sekitar sarang, terjadinya pembusukan telur dan berkurangnya kesehatan lebah.

4. Curah hujan; lebah madu harus di tempatkan pada lokasi yang memiliki curah hujan kecil dan paling banyak sumber nektarnya, terutama sumber tepung sari bunga. Lokasi yang memiliki curah hujan terlalu tinggi tidak cocok untuk dapat dilakukan usaha budidaya lebah madu, karena lebah pekerja tidak bisa mencari makanan.
5. Ketinggian tempat daratan dengan ketinggian di atas 1000 meter dari permukaan laut kurang cocok untuk pembudidayaan lebah, karena suhu udaranya dibawah 15°C. Kondisi ini akan menyebabkan lebah malas keluar sarang dan memilih bermain – main di dalam sarang. Hal ini akan mengakibatkan lebah akan mengalami kekurangan bahan makanan karena lebah pekerja tidak keluar untuk mencari nektar dan tepung sari.

E. Hubungan Lebah Madu dengan Tanaman Agroforestri

Tepung sari pada tubuh lebah dikumpulkan oleh tungkai depan dan tungkai tengah, kemudian kumpulan tepung sari tersebut diletakkan di atas sikat datar yang terletak di sebelah dalam tungkai (*tibia*) yang merupakan keranjang tepung sari pada kedua tungkai belakang. Bila keranjang tepung sari pada kedua tungkai belakang penuh dengan tepung sari, maka diperkirakan tepung sari tersebut berkisar 5 juta butir (Budiaman, 1991).

Menurut Anderson *et al.* (1973), angin, air, binatang vertebrata, serangga, gaya berat dan manusia sering menjadi penyerbuk. Lebih lanjut dikemukakan bahwa kriteria penyerbuk yang efektif dimiliki oleh lebah madu seperti *Trigona spp.*, yaitu:

1. Penyerbuk dapat berkali-kali mengunjungi bunga.

2. Penyerbuk dapat bekerja pada semua musim untuk mengambil serbuk sari.
3. Penyerbuk dapat mengunjungi banyak bunga dan tanaman pada satu kesatuan waktu.
4. Penyerbuk dapat mengunjungi banyak bunga terutama pada tanaman yang membutuhkan perkawinan silang.
5. Kunjungan penyerbuk terbatas pada bunga yang mempunyai serbuk sari yang telah matang atau stigma yang telah siap dibuahi.
6. Mampu membawa banyak tepung sari yang seragam dan matang.
7. Mampu meletakkan tepung sari pada stigma yang siap dibuahi.

Goebel (1984), mengemukakan bahwa koloni lebah madu dapat dipindahkan ke areal perkebunan bila tanaman sebagian atau seluruhnya telah berbunga. Lebih lanjut dikemukakan bahwa pemindahan dilakukan pada malam hari, yaitu pada saat semua anggota koloni berada dalam sarang dan penutup pintu dapat dibuka kembali pada pagi hari agar supaya pekerja dapat keluar untuk beradaptasi dengan lingkungan barunya, serta kembali aktif menjalankan tugas mengumpulkan nektar dan *pollen*.

F. Bioekologi Lebah *Trigona spp.*

Perkembangan koloni lebah madu sangat dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal, faktor internal yaitu jenis lebah dan kualitas ratu, sedangkan faktor eksternal yaitu iklim (suhu, kelembaban, curah hujan, kecepatan angin, dan intensitas cahaya) dan kompetitor (Andrewarta and Birch, 1974). Menurunnya, nektar dan pollen yang tersedia di lapangan, akan menyebabkan menurunnya laju pemeliharaan anakan mengikuti variasi jumlah *bee bread* dalam sarang lebah (Root, 1983).

Lebah *Trigona spp.* termasuk serangga sosial yang hidup berkoloni dan tidak menyengat (*stingless bees*). Setiap kasta lebah memiliki tugas khusus yang sangat penting bagi kelangsungan hidup koloninya. Di dalam sebuah koloni terdiri atas tiga kasta, yaitu seekor ratu, puluhan sampai

ratusan lebah jantan dan ribuan lebah pekerja. Sebagian besar dari anggota koloni lebah terdiri atas lebah pekerja yang tugasnya berganti ganti menurut umur, di antaranya mencari makanan di alam berupa nektar, *ekstranutifial nektar*, *pollen* dan air, merawat dan menjaga sarang, memberikan makanan pada larva dan memberikan makanan berupa *royal jelly* pada ratu (Budiaman 2000).

Menurut Sarwono (2001), sistematika lebah madu jenis *Trigona spp.* adalah sebagai berikut :

Phylum : Arthropoda
Subphylum : Mandibulata
Kelas : Insekta
Subkelas : Pterygota
Ordo : Hymenoptera
Subordo : Clistogatra
Famili : Meliponinae
Genus : Trigona
Spesies : *Trigona spp.*

Sampai sekarang, telah dilaporkan bahwa terdapat lebih dari 500 spesies lebah *Trigona spp.* yang terdiri atas 8 genus dan 15 sub genus dan tersebar hampir merata di berbagai benua yaitu: Amerika, Afrika, Australia dan Asia, dan *Trigona spp.* primitif telah ditemukan di Afrika Selatan dan diduga ada hubungannya dengan penyebarannya di Eropah (Ruttner, 1973). Selanjutnya ditambahkan bahwa lebah *Trigona spp.* memiliki banyak kesamaan karakteristik dengan jenis lebah madu dari famili Apinae (*Apis cerana* F., *Apis mellifera* L. dan *Apis dorsata* L.) dalam hal pengumpulan madu, produksi dan penggunaan lilin dan sistem kasta dan pembagian tugas dalam koloni, namun berbeda dalam kepemilikan sengat.

Untuk mendapatkan produksi yang tinggi, peternak lebah harus mengetahui kalender pakan, jenis tanaman yang disukai dan berguna bagi lebah, asal tanaman, musim berbunga yang lebat dan musim paceklik

serta tanaman yang kualitas madunya baik (Sumoprastowo & Suprpto, 1993). Selanjutnya dijelaskan bahwa dalam penempatan peti lebah madu, sebaiknya diberi landasan dan jarak penempatan antar peti serta diatur sedemikian rupa, sehingga tidak saling mengganggu dan tidak berhadapan hadapan pintu masuknya.

Salah satu faktor lebah madu memilih bunga adalah berdasarkan warnanya, misalnya warna hijau, biru dan kuning, namun selain warna dan bau bunga, faktor lain yang menarik kunjungan lebah adalah bentuk dan ukuran bunga (Lindauer, 1985). Lebah madu cenderung mengunjungi sejenis bunga pada satu kesatuan waktu, sehingga sifat aktifitas ini, lebah dapat membantu keberhasilan pembuahan tanaman tanpa menimbulkan efek samping yang merugikan tanaman (Morse, 1976). Selanjutnya dijelaskan bahwa dalam mengumpulkan makanan di lapangan, lebah tidak memperlihatkan spesifikasi, kecuali dalam pengumpulan nektar yang kadar gulanya lebih tinggi dan tidak membedakan nilai nutrisi makanan yang ditemukannya.

Lebah madu pekerja yang beranggotakan 20.000 – 40.000 ekor dengan rajin mengunjungi sumber pakan setiap harinya, untuk mengumpulkan 1 kg madu diperlukan kunjungan lapangan lebah pekerja antara 120.000 - 150.000 kali selama satu musim pakan (2-3 bulan). Madu adalah cairan manis yang dikumpulkan oleh lebah pekerja dari bunga-bunga atau dari bagian vegetatif tanaman. Madu dapat dipanen dalam bentuk cairan kental, tetapi dapat juga dipanen dalam bentuk madu sarang yang disebut "*Honey Comb*". Bilamana kandungan glukosa madu lebih dari 34 %, maka madu tersebut akan tergranulasi menyerupai gula pasir halus berwarna putih, dan disebut "*Madu Granulasi*" (Sammataro & Avitabile, 1978).

Potensi produksi lebah *Trigona spp.* berkisar 1 kg atau kurang per tahun, namun beberapa jenis berkisar antara 10 - 20 kg, tergantung jenis spesiesnya dan memiliki harga yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan madu dari jenis *Apis spp.*, karena madunya dipercaya memiliki

khasiat khusus bagi kesehatan (Crane,1979). Lebih lanjut dijelaskan bahwa aroma madunya sangat menyenangkan dan rasanya khas asam manis.

Sarang lebah *Trigona spp.* memiliki kandungan propolis yang tinggi, disamping lilin, madu, dan *bee bread*. Propolis yang dikenal sebagai lem lebah merupakan bahan liat dan kaku yang mengandung resin, memiliki bau aromatik, dan pada suhu di bawah 15°C akan mengeras, akan menjadi liat dan lengket pada suhu 36°C dan akan meleleh menjadi cairan yang lekat pada suhu 60 – 70°C. Berat jenisnya bervariasi tergantung pada jenis tanaman yang dikoleksi yaitu berkisar dari 1,112 sampai 1,136. Propolis tidak larut dalam air, sedikit larut dalam terpentin, sebagian larut dalam alkohol, mudah larut dalam eter dan kloroform (Chen, 1993).

Propolis yang dikumpulkan oleh lebah pekerja lapangan untuk digunakan sebagai penutup celah-celah stup atau sisiran, menempel pada lubang-lubang kecil untuk perlindungan diri dari musuh alami, terutama bakteri dan virus. Selain berguna bagi koloni lebah, propolis juga berguna bagi manusia. Sejumlah hasil penelitian menunjukkan bahwa propolis mempunyai sifat antibiotik sehingga dapat menghambat pertumbuhan bakteri dan jamur. Propolis juga memiliki sifat bius lokal yang dapat digunakan untuk pengobatan berbagai macam penyakit antara lain pengobatan infeksi pada mulut, tenggorokan, hidung, sinus, tonsil dan asma, pengobatan prostat daerah jantung dan organ lain yang berhubungan dengan saluran urine, pengobatan flu dan demam, pengobatan kanker dan bronkhitis, pengobatan penyakit parkinson. pengobatan *gastric ulcer* dan pengobatan penyakit ginekologi dan tumor (Chen, 1993).

Selain madu sebagai makanan utama dan sumber energi bagi lebah, lebah juga memerlukan protein berupa *bee pollen*. *Bee pollen* dikumpulkan dari bunga jantan yang disebut *anther* dan diramu sendiri oleh lebah sejak saat pengumpulannya di lapangan. Apabila produk ini dipanen sebelum masuk ke dalam koloni (sarang) maka disebut “*bee*

pollen”, tetapi bila sudah tersimpan di dalam sel sarang maka namanya berubah menjadi *bee bread* yang kaya zat besi, kalsium dan enzim (Chen, 1993). Larva lebah madu, yakni telur yang sudah menetas berumur 1 – 15 hari dan belum ditutupi lilin. Bentuk sel tempat larva dapat dibedakan dengan mudah antara larva pekerja, larva jantan dan larva ratu. Larva jantan yang permukaannya ditutupi lilin sehingga tidak lagi terbuka disebut “Pupa Jantan” (Root, 1983).

G. Sumber Pakan Lebah *Trigona spp.*

Serangga merupakan pengunjung bunga yang paling banyak, namun beberapa hewan vertebrata juga secara reguler mengambil nektar, termasuk di antaranya adalah burung dan kelelawar serta hewan yang tidak terbang, seperti primata dan reptil. Lebah tropis Australia, *Trigona hockinsi* tidak menunjukkan preferensi yang nyata dalam hal membedakan antara nektar yang mengandung asam amino dengan nektar murni (Guerra *et al.* 2003). Ditambahkan oleh Chinh & Sommeijer (2005), bahwa *Stingless bees* (Apidae dan Meliponini) merupakan kelompok serangga eusosial yang cukup besar dan tersebar dari daerah tropis sampai sub tropis, yaitu 374 spesies terdiri atas 23 genera, 18 sub genera, dan 43 spesies terdiri atas 2 genera (*Lisotrigona* dan *Trigona*), dan genera *Trigona* terdiri atas 3 sub genera yaitu Heterotrigona, Homotrigona, dan Lepidotrigona. Costa *et al.* (2004), menambahkan bahwa *stingless bees* tersebut tersebar meluas di daerah *neotropik* (dari Meksiko sampai Argentina), di daerah Pasifik (Carolina sampai Pulau Salomon, Indonesia dan Papua Nugini), dan beberapa wilayah di Australia.

Engel and Bakels (1980), mengemukakan bahwa terdapat kurang lebih 100 spesies tanaman yang dapat dikunjungi oleh 37 spesies lebah *Trigona spp.* di Suriname Amerika Selatan. Beberapa bunga kecil atau bunga yang memiliki *corolla* yang panjang dan sempit/kecil dikunjungi secara eksklusif oleh lebah *Trigona spp.*: Spesies *Asystasia* oleh *Trigona*

pallens dan *Orthosiphons grandiflorus* oleh *Plebeia minima*. Spesies Solanum dikunjungi secara eksklusif oleh lebah jenis *Melipona* seperti *T. fulviventris gulanae* yang mampu mengambil *pollen* dengan *vibrating*, *M. Favosa*, *M.compressipes*, *T.hylinata branneri* mengumpulkan *pollen* dari Polygonaceae (*P. acuminatum*, *Triplaris surinamensis*, *Cocoloba lucidula*).

Lebah *Trigona spp.* sangat jarang mengumpulkan nektar dan *pollen* sekaligus dalam satu kunjungan. Pengangkutan nektar dalam konsentrasi tinggi, sangat dibutuhkan oleh lebah *Trigona spp.* untuk melekatnya *pollen* pada *corbiculae* dan sebagai sumber tenaga pada kunjungan lebah yang memiliki kandungan nektar yang rendah (Leonhardt *et al.* 2007). Secara umum *stingless bees* mengumpulkan *pollen* pada pagi hari dan nektar pada sore hari dalam radius terbang 2000 meter (Ruttner, 1987). Pada awal musim hujan *stingless bees* mulai beralih ke sumber *pollen* utama yang lain seperti kelapa, namun jenis lebah lain juga memanfaatkan sumber *pollen* tersebut (Sommeijer *et al.* 1983).

Lebah *Trigona jurine* dan *Trigona carbonaria* dapat diparasit oleh *Syntretus tigonaphagus sp.nov.* yang merupakan spesies baru dari *Euphorine braconid* (Gloag *et al.*, 2009). *Scaptotrigona depilis* meninggalkan penandaan pada jalur yang mengandung sumber pakan lebah, sehingga anggota lebah yang lain dapat mengikutinya untuk mendapatkan sumber pakan (Schmidt *et al.*, 2002).

Stingless bees di wilayah tropis dapat bersarang pada berbagai tempat, dan beberapa spesies di antaranya dapat bersarang dalam bekas sarang semut dan rayap yang disebabkan oleh plastisitas perilakunya dan asosiasinya. *Trigona cilipes* Fabricus dilaporkan dapat bersarang pada bekas sarang serangga predator jenis vespa/hornet *Epipona tatus* Cupier dan bekas sarang semut jenis *Azteca spp.* (Rasmussen, 2004). Juga ditemukan bersarang pada cabang tanaman, dinding rumah, dan di bawah tanah (Costa *et al.* 2004).

Stingless bees dapat ditemukan dari daerah tropis hingga daerah subtropis, dan di daerah tropis telah dilaporkan telah berkontribusi pada

kurang lebih 60 jenis tanaman, di antaranya adalah terdapat 7 spesies di India, dan 1 spesies di Srilanka, yaitu *Trigona irdipennis*. Sarangnya dilapisi dengan propolis yang keras seperti batu (lapisan batumen), dan sarangnya berada pada kisaran 0,85-1,00 meter dari permukaan tanah (Karunaratne and Edirisinghe, 2007).

Fluktuasi temporal dari faktor-faktor iklim, memegang peranan penting dalam perilaku mencari makan, aktivitas terbang dan penyerbukan oleh lebah *Trigona hyalinata* dan *Trigona carbonaria* (Contrera *et al.* 2004). Struktur sarang lebah *Trigona ventralis* hoozana terdiri atas lapisan luar yang disebut batumen, *involucrum*, pintu masuk berbentuk tabung, sisiran anakan dan pot penyimpanan pollen dan madu yang terletak pada bagian atas sarang. Suhu dalam sarang relatif konstan yang berkisar antara 29-32 °C (Sung *et al.* 2008).

Lebah *Trigona spp.* (Melliponinae) merupakan serangga eusosial asli yang menempati hutan tropis. Koloni *Mellipona fasciata panamica* Cockerell di Panama terdiri atas 200-1000 lebah dewasa, sementara jumlah populasi anaknya 5 kali lipat dalam suatu koloni. Sarangnya terdapat di lubang kayu yang dibangun dari hasil sekresi lilin, exudat dan resin tanaman (*cerumen*) yang berbentuk pot bulat elips (*ellipsoidal pots*), sehingga bahan ini dapat berfungsi untuk melindungi sarang dari air dan predator (Gilliam *et al.* 1990).

Lebah *Trigona spp.* memiliki kecenderungan untuk mengunjungi satu jenis bunga dalam satu kesatuan waktu (Slaa *et al.* 2003). Sumber utama pollen dan nektar dari *Melipona spp.* adalah berasal dari Famili Melastomaceae, Myrtaceae, Solanaceae, Leguminosae (Subfamili Mimosoideae). Dengan menggunakan analisa perilaku makan, diketahui bahwa pola pembungaan memegang peranan penting dalam pemilihan jenis pakan oleh *stingless bees Melipona spp.* (Ramalho *et al.* 1989). Harris & Beattie (1991), mengemukakan bahwa lebah madu *Apis mellifera* dan *Trigona spp.*, tawon (Vespidae) merupakan kelompok Hymenoptera yang memegang peranan penting dalam penyerbukan tanaman, baik

tanaman pertanian, maupun tanaman gulma, sementara semut memiliki peranan yang sangat jarang. Costa *et al.* (2004), mengemukakan bahwa *Stingless bees Meliponini* merupakan lebah yang memiliki penyebaran tinggi di daerah neotropik dengan 52 genera dan lebih dari 300 spesies ditemukan di Amerika. Jenis lebah tersebut sangat menguntungkan secara ekologi dan ekonomi, karena dapat mengawinkan tanaman 40-90 % dari spesies tanaman yang ada, tergantung ekosistemnya (Costa *et al.* 2004).

Koloni lebah *Trigona carbonaria* Smith yang dibudidayakan di Australia, memiliki pertambahan berat lebih tinggi pada musim semi dan musim panas dibandingkan pada musim dingin. Pertambahan berat tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh ketersediaan pakan di alam dan faktor iklim di sekitarnya, sebagai ilustrasi bahwa berat koloni menjadi 3,7 kg setelah 23 bulan dipindahkan dari sarang alami ke kotak lebah yang dibuat atau 0,6 kg beratnya bertambah setelah 17 bulan. Peti lebahnya dibuat dari kayu berukuran panjang 28 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 21 cm, dengan lubang masuk berukuran 1,2 cm (Heard, 1988).

H. Sistem Pertanian Berkelanjutan

Pertanian berkelanjutan didefinisikan sebagai pengelolaan sumberdaya alam secara konservasi dengan orientasi teknologi dan perubahan institusi sebagai suatu cara untuk mencapai hasil yang berkelanjutan dimana sumberdaya lahan, air, tanaman dan genetik hewan terpelihara atau lingkungan tidak terdegradasi, teknologi yang tepat, dan memberikan pendapatan yang tinggi secara terus menerus dan sesuai dengan kondisi sosial budaya setempat. Oleh karena itu penggunaan lahan yang berkelanjutan merupakan suatu tindakan untuk memenuhi kebutuhan produksi dari penggunaan lahan sekarang, dan tetap memelihara sumberdaya alam pokok untuk generasi mendatang (FAO, 1995). Munasinghe (1993) menambahkan bahwa terdapat 3 komponen

pembangunan pertanian berkelanjutan yaitu tujuan ekonomi, sosial dan ekologi dimana valuasi ekosistem berada antara domain tujuan ekonomi dan tujuan ekologi dengan tetap mempertimbangkan nilai ekonomi berdasarkan preferensi masyarakat lokal sehingga terkait dengan tujuan sosial yang meliputi kemiskinan dan keadilan.

Sinukaban (1999), mengemukakan bahwa pada dasarnya pembangunan pertanian berkelanjutan merupakan kemampuan lahan untuk tetap reproduktif sekaligus mempertahankan basis sumberdaya alam yang berorientasi pada kesejahteraan sosial, pertumbuhan ekonomi dan ketahanan lingkungan yang memiliki karakteristik: mantap secara ekologi, dapat berlanjut secara ekonomi (produksi dan pendapatan yang tinggi secara lestari) dan teknologi dapat diterima oleh masyarakat (*aplicable and replicable*). Reijntjes *et al.* (1999) selanjutnya menjelaskan bahwa pembangunan pertanian berkelanjutan adalah proses produksi dan konsumsi, dimana materi dan energi dikelola dengan menggunakan faktor produksi seperti modal, tenaga kerja dan bahan baku. Oleh karena itu dalam implementasinya harus dipastikan mengenai ketahanan lingkungan, memberikan dampak positif terhadap masyarakat dan lingkungan fisik, karena dalam hal penyediaan bahan baku dan proses produksinya dapat menimbulkan dampak terhadap lingkungan fisik dan masyarakat sekitarnya, sehingga mempengaruhi keberlanjutan pembangunan pertanian.

Pembangunan pertanian di Indonesia harus berkelanjutan dengan 3 alasan utama yaitu: 1) Peranan sektor pertanian dalam kontribusi perekonomian nasional masih dominan dalam mendukung kelangsungan kehidupan Bangsa Indonesia. 2) Indonesia sebagai negara agraris, agrobisnis dan agroindustri memiliki peranan yang sangat vital dalam mendukung pembangunan sektor lainnya. 3) Sumberdaya alam yang ada sekarang ini dapat terus dimanfaatkan untuk kurun waktu yang relatif lama (Soekartawi,1995).

I. Indikator Pertanian Berkelanjutan

Keberlanjutan apisilvikultur meliputi keberlanjutan ekonomi, ekologi dan sosial budaya. Analisis keberlanjutan ekonomi, yaitu pendapatan usahatani akan dibandingkan dengan standar Kebutuhan Hidup Layak (DEPNAKERTRANS, 2005), kelayakan usaha diandingkan dengan IRR, BCR, NPV, IP dan PP, sedangkan nilai kualitas madu akan dibandingkan dengan SNI-01-3545-2004. Analisis keberlanjutan ekologi, indikatornya adalah ketersediaan pakan pada kalender berbunga dan kisaran iklim yang menunjang kehidupan lebah *Trigona incisa*, sedangkan keberlanjutan dari segi sosial budaya indikatornya adalah tingkat penerimaan pengetahuan teknologi lebah *Trigona incisa* (*acceptable & replicable*). Penggalan pengetahuan lokal tentang agroforestry, dapat dianalisis dengan menggunakan analisis deskriptif yang telah dikembangkan oleh ICRAF (Dixon, *et al.* 2001).

Ada tiga konsep tentang pembangunan pertanian berkelanjutan yaitu konsep pendekatan ekonomi, ekologi, dan sosial budaya. Pendekatan ekonomi menganut bahwa pembangunan berkelanjutan dapat dicapai jika terdapat aliran maksimum pendapatan yang dapat dihasilkan dengan tetap mempertahankan stok asset atau modal (*capital*) yang menghasilkan manfaat (*benefit*), pendekatan ekologi menjelaskan bahwa stabilitas fisik dan biologi suatu sistem atau suatu ekosistem dan viabilitas sub-sistem yang akan mendukung ekosistem secara keseluruhan, sedangkan pendekatan sosial budaya menjelaskan bahwa stabilitas sistem sosial budaya dan kurangnya konflik-konflik yang berbahaya (Munasinghe & McNealy, 1992).

Conway (1987), mengilustrasikan bahwa pertanian berkelanjutan setidaknya harus memenuhi empat indikator, yaitu: produktivitas, stabilitas, sustainabilitas, dan ekuitabilitas. Produktivitas merupakan upaya peningkatan produksi persatuan waktu, sedangkan stabilitas menggambarkan fluktuasi produksi hasil panen setiap waktu yang

disebabkan oleh perubahan agroekosistem. Sustainability merupakan gambaran ketahanan sistem budidaya pertanian terhadap perubahan lingkungan atau ekonomi, sedangkan equitabilitas menggambarkan bahwa produksi pertanian dapat memberikan keuntungan yang merata (tinggi) atau sebaliknya tidak merata (rendah). Sedangkan menurut (Mariyono, 2000), tingkat keberlanjutan suatu sistem pertanian dapat diketahui dari fungsi produksinya dengan formulasi sbb:

$$Y = f(\text{lahan, benih, tenaga kerja, dst.....})$$

Salikin (2003), mengemukakan bahwa suatu instrumen atau indikator yang dapat digunakan sebagai alat untuk mendeteksi suatu kegiatan usaha tani tergolong berkelanjutan atau tidak adalah kualitas tanah, keanekaragaman spesies dan penggunaan input eksternal dan internal (aspek biofisik/lingkungan), sedangkan dari aspek ekonomi indikatornya terdiri atas diversifikasi dan nilai sumber pendapatan usaha tani. Indikator sosial budaya terdiri atas adopsi teknologi (daftar teknologi dan jumlah/persen yang digunakan dan tidak digunakan) dan nilai-nilai praktek tradisional dalam usaha tani (daftar dan jumlah/persen orang yang berpartisipasi dan tidak berpartisipasi).

Zamor (1995) mengemukakan bahwa selama ini indikator sukses pertanian kita adalah sekedar jumlah atau hasil produksi pertanian untuk memenuhi permintaan pasar. Dalam pertanian berkelanjutan, tujuan yang ingin dicapai bukanlah sekedar target produksi jangka pendek, tetapi lebih ditekankan pada upaya keberlanjutan sistem produksi jangka panjang, sehingga inovasi yang dilakukan dalam pertanian berkelanjutan adalah dalam rangka peningkatan secara optimal proses biologi dan ekologi dalam ekosistem.

Kebutuhan hidup layak (KHL) petani adalah merupakan standar kebutuhan yang harus dipenuhi oleh seseorang pekerja/buruh untuk dapat hidup layak, baik secara fisik, bukan fisik dan sosial, untuk kebutuhan hidup satu bulan. KHL berbeda-beda antara satu wilayah dengan lainnya dan merupakan standar penetapan upah minimum suatu daerah sekaligus

merupakan ukuran standar hidup layak suatu daerah. Menurut Peraturan Menteri No.17.Tahun 2005, komponen kebutuhan hidup layak untuk pekerja lajang dalam sebulan dengan 3.000 kilo kalori per hari terdiri atas: makanan, minuman, sandang, perumahan, pendidikan, kesehatan, transportasi, rekreasi dan tabungan. Sinukaban (1999) menjelaskan bahwa kebutuhan tersebut dapat terpenuhi apabila pendapatan petani mencapai sebesar 250 % dari kebutuhan hidup minimum (KHM), sehingga jumlah pendapatan bersih yang harus dipenuhi oleh setiap kepala keluarga petani untuk memenuhi KHL adalah senilai KHM x 250 %.

Ukuran garis kemiskinan untuk wilayah Indonesia dikelompokkan menjadi tiga kelompok kemiskinan yang mencakup konsepsi nilai ambang kecukupan pangan yaitu: miskin, miskin sekali dan paling miskin. Garis kemiskinan tersebut dinyatakan dalam nilai rupiah per bulan yang ekuivalen dengan nilai tukar beras dalam kg per orang per tahun, sehingga dapat dibandingkan dengan nilai tukar antar daerah dan antar waktu, baik di pedesaan maupun di perkotaan. Nilai ambang kecukupan pangan untuk tingkat pengeluaran rumah tangga di daerah pedesaan berkisar antara 240-320 kg per orang per tahun, sedangkan daerah perkotaan 360-480 kg per orang per tahun (Sajogyo, 1977).

J. Analisis Usaha Tani

1. Analisis Pendapatan

Analisis pendapatan menurut Suratiyah (2006), digunakan untuk mengetahui kontribusi pendapatan petani dalam kehidupannya dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$Pd = TR - TC$$

keterangan :

- Pd = pendapatan bersih (*net profit*) usahatani apsilvikultur
- TR = *Total Revenue* (penerimaan)
- TC = *Total Cost* (biaya)

$$TR = Y \cdot P_y$$

keterangan :

TR = *total revenue* (penerimaan total)

Y = jumlah produksi

P_y = harga produksi

$$TC = FC + VC$$

keterangan:

TC = *total cost* (biaya total)

FC = *fixed cost* (biaya tetap)

VC = *variable cost* (biaya variabel)

2. Analisis Produksi

Analisis pengaruh faktor-faktor produksi pertanian (Apisilvikultur) dapat digunakan model fungsi produksi menurut North (1990) dan Soekartawi (2003) adalah sebagai berikut :

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_{12}x_{12} + \varepsilon$$

keterangan :

Y = produksi apsisilvikultur (kg)

b_0 = nilai intersep

X_1 = luas tanaman pakan (hektar)

X_2 = pupuk (kg)

X_3 = tenaga kerja (HKP)

X_4 = jumlah koloni (peti)

X_5 = frekuensi pemeliharaan
(kali per tahun)

X_6 = makanan stimulan (kg)

X_7 = suhu udara ($^{\circ}\text{C}$)

X_8 = kelembaban udara (%)

X_9 = curah hujan (mm per bulan)

- X10 = kecepatan angin (km per jam)
- X11 = kelerengan (%)
- X12 = ketinggian tempat (m dpl)
- ε = standar error

3. Analisis Perbandingan

Untuk membandingkan kesamaan dua rata-rata yaitu hasil usahatani dari petani apsisilvikultur dan agroforestri tanpa lebah *Trigona incisa*. maka dapat digunakan analisis uji *t.student* (Sudjana, 1984; Steel & Torrie, 1991).

$$t = \frac{X_1 - X_2}{S_p}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1) S_1^2 + (n_2 - 1) S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}$$

keterangan:

- t = nilai *t.student*
- S_p = Simpangan baku
- \bar{X}_1 = rata-rata hasil usaha tani apsisilvikultur
- \bar{X}_2 = rata-rata hasil usaha tani agroforestri
- S_1 = Populasi/ petani apsisilvikultur
- S_2 = Populasi/ petani agroforestri
- n_1 = jumlah populasi S1
- n_2 = jumlah populasi S2

K. Analisis Kelayakan Finansial

Ada tiga kriteria yang umum yang digunakan dalam menilai kelayakan finansial suatu usaha atau proyek, yaitu *net present value (NPV)*, *internal rate of return (IRR)*, dan *benefit cost ratio (BCR)*. Jika $NPV > 0$, $BCR > 1$, dan $IRR > r$, maka suatu usaha dikategorikan layak (Darusman, 1981; Soeharto, 1995), dengan analisis sebagai berikut:

1. NPV (*Net Present Value*)

NPV merupakan nilai sekarang manfaat bersih dengan mendiskontokan aliran dan biaya kembali pada awal tahun dasar (tahun pertama) dari usaha tani yang telah dilakukan oleh petani dengan asumsi bahwa jenis tanaman yang dikelola memiliki umur ekonomi tertentu (n) dan menggunakan tenaga kerja keluarga dan modal terbatas (Gittinger, 1973), dengan persamaan sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{(Bt - Ct)}{(1 + i)^t}$$

keterangan:

NPV = *net present value*

Bt = penerimaan kotor petani pada tahun t .

Ct = biaya usaha tani pada tahun t .

n = umur ekonomis usaha tani

t = tahun proyek

i = tingkat suku bunga (*discount rate*)

Proyek yang memiliki nilai NPV positif pada suatu *opportunity cost* (biaya layak) modal tertentu adalah proyek yang memberikan pengaruh yang positif terhadap pertumbuhan pendapatan (Soeharto, 1995).

2. IRR (*Internal Rate of Return*)

IRR merupakan suatu tingkat suku bunga (*discount rate*) yang menunjukkan NPV sama dengan jumlah seluruh biaya investasi proyek yang digunakan untuk mengukur keuntungan suatu proyek atau suku bunga yang menyebabkan NPV sama dengan nol (Soeharto, 1995). Suatu usaha atau proyek dianggap paling menguntungkan bila nilai IRRnya paling tinggi dan di atas suku bunga yang berlaku. Persamaan IRR menurut Gittinger (1973) adalah sebagai berikut:

$$\text{Present Value } Bt = \text{Present Value } Ct \text{ atau} \\ \text{Discounted } \Sigma Bt = \text{Discounted } \Sigma Ct$$

atau

$$IRR = i' + \frac{NPV'}{NPV' - NPV''} (i'' - i')$$

keterangan :

- i' = nilai percobaan pertama untuk *discount rate*
- i'' = nilai percobaan kedua untuk *discount rate*
- NPV' = nilai percobaan pertama untuk NPV
- NPV'' = nilai percobaan kedua untuk NPV

3. BCR (*Benefit Cost Ratio*)

Dalam menghitung nilai sekarang, digunakan faktor diskonto, sedangkan nilai absolut dari benefit ratio bervariasi, tergantung pada suku bunga yang digunakan. Semakin tinggi bunga, maka nilai BCR semakin kecil. Proyek yang memiliki nilai BCR yang paling tinggi merupakan proyek yang prioritas jika BCR dipakai sebagai kriteria penilaian proyek. BCR merupakan perbandingan antara jumlah pendapatan dengan jumlah biaya proyek (Gittinger, 1972) dengan rumus sebagai berikut :

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+r)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+r)^t}}$$

keterangan :

- Bt = nilai manfaat pada tahun ke t
- Ct = nilai biaya pada tahun ke t
- n = umur ekonomis usaha tani
- r = tingkat suku bunga (*discount factor*)

4. PP (*Payback Periode*)

Payback periode merupakan waktu yang dibutuhkan untuk memperoleh kembali modal awal melalui *cash-inflow* yang dihasilkan dari suatu investasi (Sumantri, 1987; Soeharto, 1995). Untuk mengetahui

periode (lama) waktu pengembalian modal, maka digunakan persamaan sbb :

a. Jika aliran kas tahunan tetap:

$$PP = \frac{Cf}{A}$$

keterangan:

PP = *payback periode*

Cf = *cost first* (biaya pertama)

A = aliran kas (*neto*) per tahun

b. Jika aliran kas tahunan tidak tetap:

$$PP = (n - 1) + \left[Cf - \sum_1^{n-1} A_n \right] \left(\frac{1}{A_n} \right)$$

keterangan:

PP = *payback periode*

Cf = *cost first* (biaya pertama)

An = aliran kas pada tahun n

n = tahun pengembalian ditambah 1

5. Analisis Sensivitas

Fluktuasi (perubahan) jumlah produksi, harga dan biaya sering terjadi pada komoditi agroforestri sebagaimana komoditi ekonomi lainnya, untuk mengatisipasinya digunakan analisis sensitivitas menurut Djamin (1984) dengan asumsi-asumsi sebagai berikut:

1. Skenario 1 : Harga produksi turun 15 %, jumlah dan biaya produksi tetap.
2. Skenario 2 : Harga produksi meningkat 15 %, jumlah dan harga produksi tetap.
3. Skenario 3 : Harga produksi turun 15 %, biaya produksi meningkat 15 %, jumlah produksi tetap.
4. Skenario 4 : Jumlah harga produksi masing-masing turun 15 %, biaya produksi tetap.

5. Skenario 5 :Jumlah dan harga produksi masing-masing turun 15 %, biaya produksi meningkat.

L. Analisis Vegetasi Pakan Lebah

Analisis vegetasi dilakukan untuk mengkaji karakteristik susunan (komposisi jenis) dan bentuk (struktur) vegetasi yang erat kaitannya dengan pakan lebah *Trigona incia*. dalam sistem agroforestry yang dikelola oleh petani . Analisis tersebut meliputi: nilai penting jenis (NPJ) yang merupakan penjumlahan dari kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dan dominansi relatif (DR) yang nilainya maksimum 300 %. Dalam hal ini NPJ suatu komunitas ditentukan oleh kerapatan, frekuensi, dan dominansi relatif (Odum, 1994).

Kerapatan relatif menggambarkan besarnya populasi dalam suatu komunitas, frekuensi relatif yang menggambarkan pola tumbuh/tanam suatu jenis tanaman (tersebar atau spasial) dalam suatu komunitas. Dominansi relatif mengindikasikan luasan tempat tumbuh atau luas bidang dasar suatu jenis dalam suatu komunitas. Indeks nilai penting jenis menurut Cox (1985) dan Odum (1994) adalah sebagai berikut:

1. Nilai Penting Jenis (NPJ) untuk pohon = $KR+FR+DR$
2. Kerapatan (K)
$$= \frac{\text{jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas petak sampel}}$$
3. Kerapatan Relatif (KR)
$$= \frac{\text{jumlah individu suatu jenis}}{\text{jumlah individu dari seluruh jenis}} \times 100\%$$
4. Frekuensi (F)
$$= \frac{\text{jumlah petak ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh petak}}$$
5. Frekuensi Relatif (FR)
$$= \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{jumlah frekuensi dari seluruh jenis}} \times 100\%$$
6. Dominansi (D)
$$= \frac{\text{luas bidang dasar suatu jenis}}{\text{jumlah luas bidang dasar seluruh jenis}}$$

$$\text{Luas Bidang Dasar suatu jenis (LBD)} = \pi r^2$$

keterangan :

LBD : luas bidang dasar
 π : angka tetapan (3,14)
 R : jari-jari lingkaran pohon

$$7. \text{ Dominansi Relatif (DR)} = \frac{\text{dominansi suatu jenis}}{\text{jumlah dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Untuk mengetahui kelimpahan (dominansi) suatu jenis tumbuhan dihitung nilai SDR (*Summed Dominan Ratio*) dengan rumus :

$$\text{SDR} = \frac{\text{FR} + \text{DR}}{2} \times 100\%$$

keterangan :

SDR = nilai dominan suatu jenis
 FR = frekuensi relatif suatu jenis
 DR = dominansi atau kerapatan relatif suatu jenis

8. Keanekaragaman jenis

Hasil perhitungan nilai penting selanjutnya digunakan untuk mengetahui besarnya nilai keanekaragaman jenis dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener (Ludwig & Reynolds, 1988):

$$H' = - \sum_{i=1}^s (Pi)(\log_2 Pi)$$

$$Pi = \frac{ni}{N}$$

keterangan :

H' = indeks keanekaragaman jenis
 S = jumlah spesies
 Pi = proporsi individu dari total sampel
 n.i = jumlah nilai penting dari setiap jenis ke i
 N = total nilai penting individu semua jenis

9. Kekayaan jenis

Kekayaan jenis akan dihitung menggunakan rumus Margalef (Magurran, 2004) sebagai berikut:

$$R_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

keterangan :

R = kekayaan jenis

S = jumlah jenis

N = jumlah total individu semua jenis

M. Analisis Kualitas Madu

Menurut Winarno (1981), parameter kualitas madu yang dipertimbangkan dalam perdagangan internasional adalah sebagai berikut:

- | | |
|--|-----------------------------|
| a) Kadar dekstrin | : % |
| b) Kadar air | : % |
| c) Kadar abu | : % |
| d) Keasaman | : miliekivalen asam per kg. |
| e) Padatan yang tidak larut air | : % |
| f) Enzim diastase | : negatif atau positif |
| g) (HMF) | : menurut skala GOTHE |
| h) Gula pereduksi (glukosa dan fruktosa) | : % |
| i) Sukrosa | : % |
| j) Rupa, bau dan rasa madu | : normal atau tidak normal |
| k) Logam berbahaya | : negatif atau positif |

Di Indonesia, prosedur dan standar uji madu yang digunakan adalah SNI-01-3545-2004 yang merupakan modifikasi dari SNI-77, SNI- 88 dan SNI-94 (BSN, 2009). Kadar air madu lebah *Trigona spp.* sangat bervariasi (30,2-42,0 %), tergantung spesiesnya dan daerah atau habitat lebah tersebut memproduksi madu (Bijlsma *et al.* 2006).

N. Ketersediaan Pakan (Kalender Berbunga)

Kalender berbunga adalah suatu tabel yang memuat jadwal berbunga dari berbagai tanaman pakan lebah pada suatu lokasi dalam satu tahun kalender yang memuat nama tanaman pakan, jenis kandungan (nektar, pollen, dan *ekstranutifialnektar*), dan jadwal berbunga sebagai pedoman dalam budidaya lebah madu. Dalam membuat kalender berbunga dalam satu siklus (satu tahun) maka dapat dilakukan penyusunan dalam tabel berdasarkan perpaduan dari observasi langsung, kunci determinasi, hasil literatur dan hasil analisis *pollen slide references* (Sammataro & Avitabile, 1978). Ramalho *et al.* (1990) menambahkan bahwa terdapat 288 jenis tanaman sumber nektar dan pollen untuk *stingless bees* (*Melipona* dan *Trigonini*) yang tersebar luas di daerah neotropik. Sumber pollen lebah *Stingless bees* dapat diidentifikasi dengan menggunakan *pollen slide references* dengan jalan mengidentifikasi pollen yang masuk dalam sarang dengan menggunakan *glycerine jelly* (Kajobe, 2007).

Kebutuhan utama lebah adalah sumber makanan yang ada, yaitu nektar, *ekstranutifialnektar* dan pollen. Sumber makanan ini harus tersedia setiap bulan, setiap musim, dan tempat pertumbuhan tanaman tersebut harus cocok/sesuai (Stelley, 1983). Pada daerah beriklim temperate, siklus musiman tanaman dapat menentukan tersedianya bunga dan pada daerah yang lainnya ketersediaan tanaman pakan ini dapat dibatasi oleh musim paceklik (Free, 1982). Howes (1979) dan Oertel (1980), menyatakan bahwa banyak faktor yang mempengaruhi keluarnya nektar pada tanaman. Beberapa faktor yang penting antara lain: temperatur, kelembaban, sifat tanah, angin dan umur tanaman. Dari tanaman berbunga, nektar dan pollen tersedia ketika bunga tanaman sedang mekar.

1. Sumber Pakan Lebah Madu

Lebah madu akan berkembang biak dan mempunyai koloni yang besar/individu yang banyak jika kondisi lingkungan tempat tinggal sangat mendukung. Lingkungan yang dibutuhkan adalah tersedianya banyak tanaman berbunga penghasil nektar dan pollen serta cukup cadangan makanan lainnya. Simpanan nektar (madu) yang banyak disarang akan merangsang pertumbuhan keluarga lebah yang baik, yaitu dalam membuat sarang baru dan juga dalam memproduksi telur. Sedangkan ketersediaan pollen di sarang yang cukup akan memberikan kualitas generasi lebah yang baik, kuat dan lama hidup yang relatif panjang (Situmorang dan Hasanudin, 2014).

2. Sumber Pakan Lebah *Trigona spp.*

Serangga merupakan pengunjung bunga yang paling banyak, namun beberapa hewan vertebrata juga secara reguler mengambil nektar, termasuk di antaranya adalah burung dan kelelawar serta hewan yang tidak terbang, seperti primata dan reptil. Lebah tropis Australia, *Trigona hockinsi* tidak menunjukkan preferensi yang nyata dalam hal membedakan antara nektar yang mengandung asam amino dengan nektar murni (Guerra *et al.* 2003). Ditambahkan oleh Chinh & Sommeijer (2005), bahwa *stingless bee* (Apidae dan Meliponini) merupakan kelompok serangga eusosial yang cukup besar dan tersebar dari daerah tropis sampai sub tropis, yaitu 374 spesies terdiri atas 23 genera, 18 sub genera, dan 43 spesies terdiri atas 2 genera (Lisotrigona dan Trigona), dan genera Trigona terdiri atas 3 sub genera yaitu Heterotrigona, Homotrigona, dan Lepidotrigona. Costa *et al.* (2004) menambahkan bahwa stingless bees tersebut tersebar meluas di daerah neotropik (dari Meksiko sampai Argentina), di daerah Pasifik (Carolina sampai Pulau Salomon, Indonesia dan Papua Nugini), dan beberapa wilayah di Australia.

Engel & Bakels (1980) mengemukakan bahwa terdapat kurang lebih 100 spesies tanaman yang dapat dikunjungi oleh 37 spesies lebah *Trigona spp.* di Suriname Amerika Selatan. Beberapa bunga kecil atau bunga yang memiliki corolla yang panjang dan sempit/kecil dikunjungi secara eksklusif oleh lebah *Trigona spp.*: Spesies *Asystasia* oleh *Trigona pallens* dan *Orthosiphons grandiflorus* oleh *Plebeia minima*. Spesies *Solanum* dikunjungi secara eksklusif oleh lebah jenis *Melipona* seperti *T. fulviventris gulanae* yang mampu mengambil *pollen* dengan *vibrating*. *M. Favosa*, *M.compressipes*, *T.hyllinata branneri* mengumpulkan *pollen* dari *Polygonaceae* (*P. acuminatum*, *Triplaris surinamensis*, *Cocoloba lucidula*).

Lebah *Trigona spp.* sangat jarang mengumpulkan nektar dan *pollen* sekaligus dalam satu kunjungan. Pengangkutan nektar dalam konsentrasi tinggi, sangat dibutuhkan oleh lebah *Trigona spp.* untuk melekatnya *pollen* pada *corbiculae* dan sebagai sumber tenaga pada kunjungan lebah yang memiliki kandungan nektar yang rendah (Leonhardt *et al.* 2007). Secara umum *stingless bees* mengumpulkan *pollen* pada pagi hari dan nektar pada sore hari dalam radius terbang 2000 meter (Ruttner, 1987). Pada awal musim hujan *stingless bees* mulai beralih ke sumber *pollen* utama yang lain seperti kelapa, namun jenis lebah lain juga memanfaatkan sumber *pollen* tersebut (Sommeijer *et al.* 1983).

Lebah *Trigona jurine* dan *Trigona carbonaria* dapat diparasit oleh *Syntretus tigonaphagus sp.nov.* yang merupakan spesies baru dari *Euphorine braconid* (Gloag *et.al.*, 2009). *Scaptotrigona depilis* meninggalkan penandaan pada jalur yang mengandung sumber pakan lebah, sehingga anggota lebah yang lain dapat mengikutinya untuk mendapatkan sumber pakan (Schmidt *et al.* 2002).

Stingless bees di wilayah tropis dapat bersarang pada berbagai tempat, dan beberapa spesies di antaranya dapat bersarang dalam bekas sarang semut dan rayap yang disebabkan oleh plastisitas perilakunya dan asosiasinya. *Trigona cilipes* Fabricus dilaporkan dapat bersarang pada bekas sarang serangga predator jenis vespa/hornet *Epipona tatusa* Cupier

dan bekas sarang semut jenis *Azteca spp.* (Rasmussen, 2004), dan juga ditemukan bersarang pada cabang tanaman, dinding rumah, dan di bawah tanah (Costa *et al.* 2004).

Stingless bees dapat ditemukan dari daerah tropis hingga daerah subtropis, dan di daerah tropis telah dilaporkan telah berkontribusi pada kurang lebih 60 jenis tanaman, di antaranya adalah terdapat 7 spesies di India, dan 1 spesies di Srilanka, yaitu *Trigona irdipennis*. Sarangnya dibalut dengan propolis yang keras seperti batu (lapisan batumen), dan sarangnya berada pada kisaran 0,85-1,00 meter dari permukaan tanah (Karunaratne & Edirisinghe, 2007).

Fluktuasi temporal dari faktor-faktor iklim, memegang peranan penting dalam perilaku mencari makan, aktivitas terbang dan penyerbukan oleh lebah *Trigona hyalinata* dan *Trigona carbonaria* (Contrera *et al.*, 2004). Struktur sarang lebah *Trigona ventralis* hoozana terdiri atas lapisan luar yang disebut batumen, *involucrum*, pintu masuk berbentuk tabung, sisiran anakan dan pot penyimpanan pollen dan madu yang terletak pada bagian atas sarang. Suhu dalam sarang relatif konstan yang berkisar antara 29-32 °C (Sung *et al.* 2008).

Lebah *Trigona spp.* (Melliponinae) merupakan serangga eusosial asli yang menempati hutan tropis. Koloni *Mellipona fasciata panamica* Cockerell di Panama terdiri atas 200-1000 lebah dewasa, sementara jumlah populasi anaknya 5 kali lipat dalam suatu koloni. Sarangnya terdapat di lubang kayu yang dibangun dari hasil sekresi lilin, exudat dan resin tanaman (*cerumen*) yang berbentuk pot bulat elips (*ellipsoidal pots*), sehingga bahan ini dapat berfungsi untuk melindungi sarang dari air dan predator (Gilliam *et al.* 1990).

Lebah *Trigona spp.* memiliki kecenderungan untuk mengunjungi satu jenis bunga dalam satu kesatuan waktu (Slaa *et al.* 2003). Sumber utama pollen dan nektar dari *Melipona spp.* adalah berasal dari Famili Melastomaceae, Myrtaceae, Solanaceae, Leguminosae (Subfamili Mimosoideae). Dengan menggunakan analisa perilaku makan, diketahui

bahwa pola pembungaan memegang peranan penting dalam pemilihan jenis pakan oleh *stingless bees Melipona spp* (Ramalho *et al.* 1989). Harris & Beattie (1991) mengemukakan bahwa lebah madu *Apis mellifera* dan *Trigona spp.*, tawon (Vespidae) merupakan kelompok Hymenoptera yang memegang peranan penting dalam penyerbukan tanaman, baik tanaman pertanian, maupun tanaman gulma, sementara semut memiliki peranan yang sangat jarang. Costa *et al.*, (2004) mengemukakan bahwa *Stingless bees Meliponini* merupakan lebah yang memiliki penyebaran tinggi di daerah neotropik dengan 52 genera dan lebih dari 300 spesies ditemukan di Amerika. Jenis lebah tersebut sangat menguntungkan secara ekologi dan ekonomi, karena dapat mengawinkan tanaman 40-90 % dari spesies tanaman yang ada, tergantung ekosistemnya (Costa *et al.* 2004).

Koloni lebah *Trigona carbonaria* Smith yang dibudidayakan di Australia, memiliki pertambahan berat lebih tinggi pada musim semi dan musim panas dibandingkan pada musim dingin. Pertambahan berat tersebut lebih banyak dipengaruhi oleh ketersediaan pakan di alam dan faktor iklim di sekitarnya, sebagai ilustrasi bahwa berat koloni menjadi 3,7 kg setelah 23 bulan dipindahkan dari sarang alami ke kotak lebah yang dibuat atau 0,6 kg beratnya bertambah setelah 17 bulan. Peti lebahnya dibuat dari kayu berukuran panjang 28 cm, lebar 21 cm, dan tinggi 21 cm, dengan lubang masuk berukuran 1,2 cm (Heard, 1988).

2.1. Nektar

Nektar adalah suatu zat yang mempunyai susunan yang sangat kompleks yang dihasilkan oleh kelenjar nektaria tanaman dalam bentuk larutan gula dengan konsentrasi yang bervariasi. Nektar yang berasal dari bunga (*nectar flora*) dan selain bunga (*ekstranuttialnektar*) terdapat pada batang, daun dan ranting, namun ada kalanya berasal dari embun madu (*honey dew*) yaitu cairan manis yang dikeluarkan oleh kutu tanaman

(*Aphids*). Pada kondisi normal umumnya lebah madu hanya mengambil *nektar flora*, sedangkan *ekstra flora* diperlukan pada musim paceklik saja (bahan membangun sarang). Produksi madu dari nektar oleh lebah melalui proses kimiawi dengan kelenjar ludah dan kelenjar makanan yang terdapat dikepalanya. Adapun komponen utama nektar berupa gula (sukrosa, glukosa, dan fruktosa), dan komponen-komponen lain seperti protein, asam organik, vitamin, pigmen, enzim, mineral dan zat aroma (Situmorang dan Hasanudin, 2014).

Nektar adalah cairan berasa manis yang berasal dari kelenjar-kelenjar nektar pada bunga yang kelak menjadi madu lebah. Serbuk sari adalah alat reproduksi jantan pada bunga. Serbuk sari yang dibawa oleh lebah pekerja pencari serbuk sari untuk disimpan di dalam sel-sel sisiran sarang. Serbuk sari yang siap dikonsumsi lebah madu disimpan di dalam sel-sel sisiran sarang (*comb*) yang disebut sebagai *bee bread*. (Gowda, 2011), menyatakan bahwa lebah membutuhkan banyak serbuk sari untuk pertumbuhan tubuhnya, khususnya dari mulai larva, pupa, hingga lebah muda yang sedang dalam pertumbuhan dan perkembangan sistem kelenjar.

Produksi nektar dari tanaman ditentukan oleh musim, yaitu pada musim hujan akan terjadi penceklik nektar dan saat musim kemarau panjang dapat mengakibatkan produksi nektar juga berkurang. Cuaca panas, kering, dan berangin bunga akan rusak/tidak muncul sehingga, nektar tidak dapat keluar/tidak ada. Saat musim hujan produksi nektar juga berkurang, hal ini karena nektar tersiram air hujan sehingga gula menjadi hanyut, sehingga keadaan ini tidak menguntungkan bagi lebah (Situmorang dan Hasanudin, 2014).

2.2. Ekstranuttialnektar

Pakan lebah madu adalah sumber makanan lebah yang ada di alam, yaitu nektar, *ekstranuttialnektar* dan pollen. Nektar merupakan

cairan manis yang dikeluarkan pada bagian bunga tanaman, sedangkan *ekstranutritionalnektar* merupakan cairan manis yang dikeluarkan pada tanaman selain bunga seperti; pucuk daun, tangkai, ketiak daun, tangkai tandan, batang dan bagian tanaman lainnya selain bunga. Sumber makanan ini harus tersedia setiap bulan, setiap musim, dan tempat pertumbuhan tanaman tersebut harus cocok/sesuai (Stelley, 1983). Pada daerah beriklim temperate siklus musiman tanaman dapat menentukan tersedianya bunga dan pada daerah yang lainnya ketersediaan tanaman pakan ini dapat dibatasi oleh musim paceklik (Free, 1982). Howes (1979) dan Oertel (1980), menyatakan bahwa, banyak faktor yang mempengaruhi keluarnya nektar pada tanaman. Beberapa faktor yang penting antara lain: temperatur, kelembaban, sifat tanah, angin dan umur tanaman. Dari tanaman berbunga, nektar dan polen tersedia ketika bunga tanaman sedang mekar.

Sammataro & Avitabile (1978), mengemukakan bahwa untuk menyusun kalender ketersediaan pakan di suatu daerah atau kawasan, maka dibutuhkan suatu tabel yang memuat jadwal berbunga dari berbagai tanaman pakan lebah pada suatu lokasi dalam satu tahun kalender yang memuat nama tanaman pakan, jenis kandungan (nektar, pollen dan *ekstranutritionalnektar*), dan jadwal berbunga sebagai pedoman dalam budidaya lebah madu.

2.3. Pollen

Pollen atau tepung sari adalah serbuk sari bunga yang diambil oleh lebah dan dibawa ke sarangnya dengan diletakkan pada pada kaki belakang yang disebut keranjang pollen (*pollen basket*). Pollen merupakan sumber gizi utama atau sumber protein. Tepung sari sangat dibutuhkan oleh kehidupan lebah yaitu untuk pertumbuhan, perkembangbiakan dan perkembangan koloni (Situmorang dan

Hasanuddin, 2014). Serbuk sari atau pollen merupakan sel gamet jantan pada bunga yang merupakan sumber protein bagi lebah madu. Serbuk sari diambil oleh lebah madu pekerja pada saat mengunjungi bunga, satu koloni lebah madu dalam periode 12 bulan akan mengkonsumsi 20-40 kg serbuk sari, tergantung kepada ukuran koloni dan ketersediaan serbuk sari (Somerville, 2000). Budiama *et al.* (2019b) mengemukakan bahwa jenis pollen pengganti TKH dan pollen alami merupakan pakan terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit lebah *Apis mellifera* L. dari segi peningkatan tingkat konsumsi lebah, dan luas anakan.

Pollen atau tepung sari bunga adalah alat reproduksi jantan pada tumbuhan. Bagi lebah, pollen berfungsi sebagai bahan pembentuk, pertumbuhan dan pengganti sel yang rusak. Jika berlebihan pollen disimpan dalam sarang dan digunakan saat pollen langka di lapangan. Pollen sangat penting sebagai sumber gizi utama lebah madu, selain air dan karbohidrat, secara garis besar, pollen sebagai sumber protein dan nektar sebagai sumber karbohidrat bagi lebah (Uleander, 2009). Pollen digunakan untuk berbagai tujuan, salah satu penggunaan besar pollen adalah untuk diberikan kembali lagi kepada lebah saat pollen di lapangan langka (Budiama *et al.*, 2019b), sedangkan untuk tujuan penyerbukan, pollen dibutuhkan dari tumbuhan tertentu sebagai sumber protein untuk makanan larva (Lamerkabel, 2009). Saat musim paceklik yang biasa terjadi pada musim hujan, pemberian makanan stimulan dari pollen sangat membantu untuk kelangsungan hidup koloni lebah (Budiama, *et al.*, 2019b).

Sadapotto *et al.* (2019), mengemukakan bahwa terdapat 20 spesies sumber pollen potensial pada berbagai tanaman di Hutan Pendidikan Unhas yaitu pisang (*Musa paradisiaca*), pepaya (*Carica papaya*), Mangga (*Mangifera indica*), puteri malu (*Mimosa pudica*), terong (*Solanum tovarum*), sangitan (*Sambucus javanica*), apel air (*Syzygium aqueum*), kemiri (*Aleurites moluccana*), jarak pagar (*Jatropha curcas*), euphorbia (*Euphorbia milii*), jambu biji (*Psidium guajava*), Acacia (*Acacia mangium*),

aren (*Arenga pinnata*), nusa indah (*Mussaenda pubescens*), cabai (*Capsicum annum*), puspa (*Schima wallichii*), kelapa (*Cocos nucifera*), jagung (*Zea mays*), nangka (*Artocarpus heterophyllus*), dan berbagai spesies dari Family Piperaceae. Lebih lanjut dikemukakan bahwa sumber pollen yang tertinggi dari 4 jenis serbuk sari lebah madu adalah aren (*Arenga pinnata*) dengan persentase 15,08 % dan yang terendah terendah adalah jambu biji (*Psidium guajava*) dengan persentase 0,09 %.

O. Lebah *Trigona* spp.

1. Lebah *Trigona* spp.

Lebah *Trigona* (*Trigona* spp.) merupakan jenis lebah madu tak bersengat (*stingless bees*) yang dapat ditemukan di wilayah yang beriklim tropis dan beberapa daerah beriklim subtropis. Jenis lebah *Trigona* spp yang ada di bumi diperkirakan berjumlah kurang lebih 500 spesies, namun sulit dibedakan karena kedekatan kekerabatan mereka (Kwapong *et al.*, 2010). Menurut Inoue *et al.*, (1985), beberapa variasi organ tubuh dan degradasi warna belum dapat menentukan jenis dari lebah *Trigona* karena kedekatan sub-generanya.

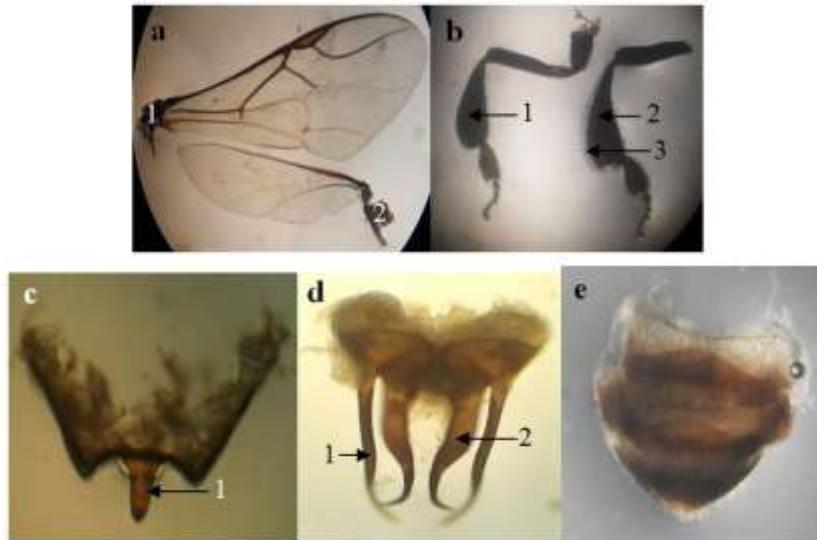
Lebah *Trigona* dikenal dengan nama lokal seperti lebah *klanceng* (Jawa), *gala-gala* dan *teuweul* (Sunda), sedangkan di Bali, lebah jenis ini dikenal dengan nama *kele-kele*, di Sulawesi Selatan dikenal dengan *ka'mu* dan *ammu*. Lebah *Trigona* spp. belum banyak dikenal oleh masyarakat di Indonesia, karena kurangnya informasi tentang lebah tersebut (Eltz *et al.*, 2003). Sakagami *et al.* (1969), mengemukakan bahwa di Indonesia terdapat beberapa jenis lebah

Trigona yang telah diidentifikasi yaitu *Trigona laeviceps*, *T. itama*, *T. drescheri*, *T. apicalis*, *T. thoracica*, dan *T. terminata*.

Klassifikasi Lebah Trigona menurut Sakagami (1978) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Animalia
Phylum	: Arthropoda
Class	: Insekta
Ordo	: Hymenoptera
Family	: Apidae
Sub Family	: Apinae
Tribe	: Meliponini
Genus	: Trigona
Spesies	: <i>Trigona spp</i>

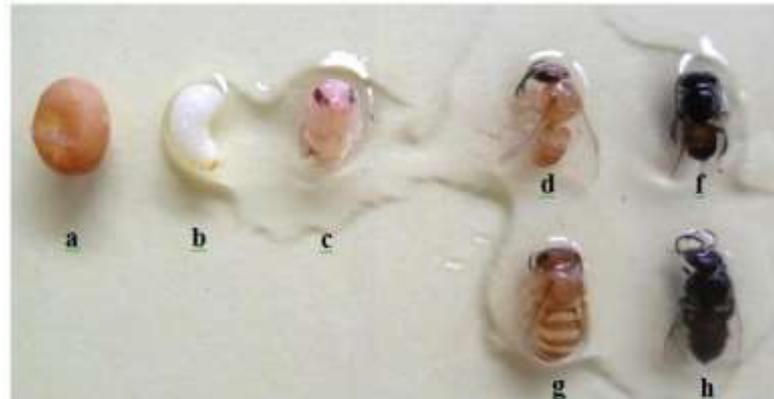
Lebah *Trigona spp.* umumnya mempunyai ukuran tubuh berkisar antara 1,8 mm-13,5 mm. Tubuh berwarna hitam kegelapan, terdapat sepasang sayap depan dan belakang pada *toraks*. Pada bagian kepala terdapat mata majemuk, mata *ocelli* yang berfungsi dalam mengatur sensitifitas cahaya, dan antena yang berbentuk *filiform* (Salmah, 1984). Nila *et al.*, (2020), mengemukakan bahwa madu dan madu propolis memiliki potensi untuk mengurangi hormon yang berhubungan dengan stres, yaitu glukokortikoid dan kortisol, yang sangat baik untuk meningkatkan sistem kekebalan tubuh manusia, dalam hal ini lebah *Trigona spp.* merupakan salah satu serangga potensial untuk menghasilkan madu yang khas dan propolis yang sangat baik untuk kesehatan.



Gambar 2. Bagian Tubuh Lebah *Trigona spp.* : sayap (a: 1. depan; 2. belakang), tungkai belakang lebah (b: 1. jantan; 2. betina; 3. *rostellum*), *sternum VI* dengan (c: 1. *medioapical*), genitalia lebah jantan (d: 1. *volsella*; 2. *sagitta*) (e: ujung abdomen lebah *Trigona* pekerja). (Putra dkk., 2014)

Pada *tohraks* terdapat tiga pasang kaki yang berada, tungkai belakang merupakan ciri khas yang dapat membedakan antara lebah pekerja dengan lebah jantan. Pada bagian *tibia* tungkai belakang lebah pekerja, terlihat lebih besar dan mempunyai lebih banyak *setae* dibandingkan dengan *tibia* tungkai belakang dari lebah jantan yang membulat dan sedikit *setae* (Gambar 2). *Setae* pada tungkai berfungsi sebagai tempat untuk polen bunga yang akan dibawa ke dalam sarang (Eltz *et al.*, 2003). Abdomen lebah *Trigona spp.* berbentuk oval, pada ujung abdomen lebah jantan terdapat genitalia, yang dijadikan sebagai penciri spesies (Rasmussen, 2013).

Lebah *Trigona* spp. ditemukan bersarang pada tempat-tempat berlubang seperti batang kayu, lubang pohon, dan celah dinding rumah (Sakagami *et al.*, 1983; Rasmussen, 2013). Pintu masuk sarang terbuat dari resin tumbuhan yang bercampur dengan tanah dan lumpur, dengan bentuk dan warna yang berbeda tergantung dari spesies. Sarang merupakan tempat bagi koloni lebah untuk berlindung, menyimpan makanan dan bereproduksi. Struktur sarang lebah *Trigona* berbeda dengan sarang lebah madu *Apis*, dimana dalam sarang *Trigona* tempat penyimpanan pollen dan madu (*storage pot*) terpisah dengan sel anakan (*brood chamber*). Sel anakan merupakan tempat ratu bertelur dan tempat anakan berkembang dari fase telur sampai imago. Fase perkembangan lebah *Trigona* meliputi telur, larva, pupa dan menjadi imago. Setelah menetas menjadi imago, ruang anakan ini tidak bisa digunakan kembali seperti pada sarang lebah *Apis* (Kwapong *et al.*, 2010). *Storage pot* dan *brood chamber* diperkuat oleh *involucrum* yang terbuat dari campuran resin pohon, *wax* dan tanah (Sakagami, 1978). *Storage pot* merupakan tempat penyimpanan pollen dan madu. *Storage pot* berbentuk bulat atau oval yang dilapisi lilin (*wax*) yang melekat pada dinding sarang. Lebah pekerja mencari pakan sepanjang hari pada musim berbunga, kelebihan makanan disimpan dalam *storage pot*. Menurut Sakagami (1983), semakin banyak madu yang dihasilkan oleh lebah menandakan semakin banyak pula kelimpahan pakan di lingkungan sekitar.



Gambar 4 .Lebah *Trigona laeviceps*: a. sel anakan, b. larva, c. pupa, d. pejantan muda, f. pejantan dewasa, g. betina muda, h. betina dewasa (Sakagami, 1969)

2. Penyebaran Lebah *Trigona spp.*

Pulau Sulawesi memiliki tingkat endemik tumbuhan dan satwa yang tinggi. Lebah madu. *Apis nigrocincta* merupakan spesies endemik di Sulawesi (Hadisoesilo 2001; Engel 2012). Spesies lebah endemik yang lain di Sulawesi adalah *Geniotrigona incisa* yang ditemukan di tengah Hutan Sulawesi pada ketinggian lebih dari 900 m dpl (Sakagami & Inoue 1989). Sulawesi Tengah memiliki perbedaan penggunaan lahan seperti perkebunan, pertanian, hutan sekunder, hutan primer, dan kawasan pemukiman yang cocok untuk tempat bersarang dan mencari makan *Geniotrigona incisa* (Nelly *et al.*, 2016)

Keanekaragaman lebah *Trigona spp.* bervariasi di antara ekosistem yang berbeda. Keanekaragaman yang tinggi umumnya ditemukan di hutan alam dan secara bertahap berkurang di hutan sekunder, areal pemanfaatan hutan, dan kawasan pemukiman, masing-masing. Secara umum ekosistem dataran rendah memiliki lebih banyak keanekaragaman lebah yang tidak menyengat dibandingkan dengan ekosistem dataran tinggi (Sakagami & Inoue 1989; Salim *et al.*, 2012). Di daerah pemukiman,

sarang lebah *Trigona spp* biasanya ditemukan di bagian bangunan dan rumah, yaitu rongga atap dan dinding kayu. Lokasi sarang, struktur sarang, dan karakteristik pintu masuk sarang merupakan karakter yang dapat digunakan untuk identifikasi spesies lebah *Trigona spp*. Pintu masuk sarang lebah stingless bervariasi dalam; bentuk, panjang, dan warna (Syafrizal *et al.* 2014; Sakagami *et al.* 1990). Misalnya, sarang pintu masuk *Heterotrigona itama* berbentuk corong, sedangkan di *Geniotrigona thoracica* berbentuk bulat bentuk seperti gunung. Struktur umum sarang lebah *Trigona spp*. terdiri terowongan masuk, sel induk, penyimpanan makanan (sel madu dan serbuk sari), serumen dan lapisan batumen (Sakagami *et al.* 1983).

Menurut Nelly *et al.*, (2016), ada 4 spesies ditemukan dalam genus *Tetragonula* di Sulawesi yaitu *T. fuscobalteata*, *T. biroi*, *T. sapiens*, and *T. Laeviceps*. Ada 2 spesies baru baru di Pulau Sulawesi yaitu; *T. biroi* and *T. sapiens*. Spesies yang paling melimpah yaitu *T. fuscobalteata* (92.26%), diikuti oleh lebah *T. biroi* (4.17%), *T.sapiens* (2.98%), and *T. laeviceps* (0.59%). Tempat bersarang *T. fuscobalteata* ditemukan di lubang batu dinding kayu, di dalam ruas bambu , lubang besi, dan dinding batu bata, *T. biroi* di lubang kayu, lubang batu dan rongga dinding batu bata, *T. sapiens* di lubang batu, *T. laeviceps* di lubang kayu.

Lebah tidak bersengat merupakan anggota Insekta dari famili Apidae, yang hidup secara sosial di hutan bersuhu hangat dan lembap (Ramunses, 2013). Jenis lebah ini dapat ditemukan pada daerah yang bersuhu tropis dan beberapa daerah yang beriklim subtropis di dunia (Kwapong *et al.*, 2010). Penyebaran serangga dibatasi oleh faktor-faktor geologi dan ekologi yang cocok, sehingga terjadi perbedaan keragaman jenis serangga. Perbedaan ini disebabkan adanya perbedaan iklim, musim, ketinggian tempat, serta jenis makanannya (Chen , 1993).

Lebah *Trigona* merupakan jenis lebah yang tidak bersengat (*stingless bees*). Lebah bersengat lebih dikenal luas, tetapi hasil riset ahli

taksonomi menyimpulkan bahwa lebah *Trigona* justru merupakan lebah tertua yang pernah diketahui (Free, 1982). Lebah *Trigona* berperan sangat penting dalam suatu ekosistem. Lebah dari *Tribus Meliponini* (*Trigona*) diketahui sebagai jenis yang berperan sebagai polinator alami untuk vegetasi di Mexico Amerika Selatan (Saufi, 2015.). Tingkah laku lebah *Trigona* yang kompleks dan keberlimpahannya menjadikannya polinator yang sangat berperan untuk membantu suksesnya polinasi (Kwapong *et. al*, 2010). French Guiana merupakan salah satu negara di Amerika Selatan yang mempunyai hutan dataran rendah dengan kepadatan penduduk yang rendah. Dengan vegetasi yang mendukung, lebah *Trigona* banyak ditemukan di negara ini. Jenis lebah paling umum yang dapat ditemukan adalah *Ptilotrigona lurida*, *Trigona cilipes* dan *Trigona pallens*. Menurut Scharz, (1937), jenis lebah *Trigona* yang ada di French Guiana yang telah teridentifikasi adalah sebanyak 80 jenis.

Di Benua Afrika terdapat beberapa jenis lebah *Trigona*. Di Negara Kenya, masyarakat percaya bahwa produk lebah *Trigona* ini digunakan sebagai bahan obat yang berkhasiat, untuk menyembuhkan demam, sesak dada dan dalam proses penyembuhan luka lebam dan terbakar. Manfaat tersebut mengubah kebiasaan masyarakat dari berburu sarang dan madu menjadi budidaya (*bee keeping*) dengan metode yang lebih modern. Beberapa jenis lebah *Trigona* yang telah teridentifikasi di Kenya adalah *Meliponula bocandei*, *Meliponula lendliana* dan *Meliponula ferruginea* (Sacharz, 1939).

Di Benua Asia, jenis lebah *Trigona spp.* lebih banyak dibudidayakan dengan metode tradisional. Di India misalnya, masyarakat memelihara lebah *Trigona* dengan menggunakan bambu. Mereka memelihara lebah ini karena madu yang dihasilkan dipercaya sebagai obat dan mempunyai nilai jual tinggi dipasaran (Costa.,2004). Di Kawasan Asia Tenggara, lebah *Trigona* dapat ditemukan dari daerah utara seperti Laos, Thailand, Kamboja, Vietnam hingga di semenanjung

Malaysia (Sakagami, 1969). Schwarz (1939), menemukan beberapa jenis lebah *Trigona* dari dataran rendah hingga dataran tinggi sampai 2.500 kaki (762 m) di Kawasan Gunung Dulit, Kalimantan.

Menurut Sakagami *et al.* (1990), keragaman jenis lebah *Trigona* pada tiap daerah berbeda-beda. Spesies yang paling luas penyebarannya adalah *Trigona indipennis*, *T. laeviceps*, diikuti spesies lainnya yaitu *T. apicalis*, *T. fusco-balteata*, *T. valdezi*, *T. collina*, dan *T. terminate*. *T. laeviceps* pertama kali ditemukan di India, menghuni hutan di kawasan Asia dan meluas ke timur sampai Kepulauan Salomon. Di Indonesia sendiri, terdapat beberapa jenis lebah *Trigona* yang telah teridentifikasi yaitu *Trigona laeviceps*, *T. itama*, *T. drescheri*, *T. apicalis*, *T. thoracica*, dan *T. terminata*.

3. Koloni dan Sistem Pembagian Tugas Lebah *Trigona spp.*

Lebah *Trigona spp.* adalah lebah yang tidak memiliki sengat (*stingless bees*) dalam melindungi dirinya hanya menggunakan gigitannya sebagai pertahanannya terhadap serangan musuh yang datang. Sihombing (2005). *Trigona spp.* dapat ditemukan di beberapa daerah tropis seperti diantaranya Australia, Afrika, dan Asia Tenggara. *Trigona spp.* bersarang dilubang pohon atau celah karang dan terkadang ada yang dicelah-celah rumah. Produksi madu dalam *Trigona spp.* setahun hanya mencapai 1 kg. Produksi yang sedikit dan rasa yang khas menjadikan madu yang di produksi lebah tersebut menjadi mahal. Harga madu madu yang yang dihasilkan *Trigona spp.* dapat 20 kali lebih mahal dari yang dihasilkan oleh lebah lainnya (Costa, 2004).

Sihombing (2005), mengemukakan bahwa klassifikasi lebah *Trigona spp.* adalah sebagai berikut :

Kingdom : Animalia
Phylum : Artropoda
Kelas : Insecta (Hexapoda)

Ordo : Hymenoptera
Famili : Apidae
Genus : Trigona
Spesies : *Trigona spp.*

Lebah madu adalah serangga penghasil madu dan serangga yang bersifat sosial. Sebagai serangga sosial, lebah madu hidup berkoloni. Setiap koloni memiliki satu lebah ratu, lebah jantan dan lebah pekerja. Masing-masing lebah memiliki tugasnya masing-masing. Lebah ratu bertugas sebagai penghasil telur untuk menghasilkan lebah baru dan sebagai penguasa sarang. Ukuran lebah ratu dua kali lebah pekerja dan panjangnya 2,8 kali lebah pekerja. Lebah jantan bertugas untuk mengawini lebah ratu. Lebah jantan memiliki mata dan sayap yang lebih besar dari lebah ratu dan lebah pekerja. Lebah pekerja adalah lebah betina yang organ reproduksinya tidak sempurna. Lebah pekerja memiliki tugas menyediakan royal jeli, mencari madu, merawat sarang dan mengatur segala sesuatu di dalam sarang (Sihombing, 2015).

Dalam hidupnya lebah madu mempunyai sifat gotong royong dan saling ketergantungan antara satu strata dengan strata yang lainnya, dalam satu koloni lebah madu terbagi kedalam tiga strata yaitu strata ratu lebah, lebah pekerja dan lebah pejantan. Setiap strata mempunyai tugas pokok dan fungsi yang berbeda, tugas pokok dan fungsi masing-masing strata tersebut adalah sebagai berikut :

3.1. Ratu Lebah

Ratu berukuran paling besar dan paling menarik diantara golongan lainnya. Ratu bertugas menghasilkan telur dan lebah jantan bertugas mengawini ratu lebah. Semua pekerjaan dilakukan oleh lebah pekerja, baik itu pekerjaan dalam sarang maupun pekerjaan diluar sarang. Semua pembagian tugas dilakukan dengan teratur berdasarkan tingkat usia. Dalam satu koloni lebah madu hanya mempunyai 1 ratu lebah. Ratu lebah ini mempunyai tugas untuk bertelur, kemampuan bertelur ratu lebah

mencapai 1000-2000 butir per hari, umumnya ratu lebah dapat hidup antara 3 sampai dengan 5 tahun (Sumoprastowo, 1980)

3.2. Lebah Pekerja

Neli, (2004) menyatakan bahwa strata lebah pekerja merupakan strata yang jumlahnya paling banyak dalam satu koloni yaitu sekitar 20.000-90.000 lebah. Lebah pekerja mencari sumber pakan berupa nektar pada waktu pagi dan sore hari. Lebah pekerja mencari bunga yang memiliki nektar dengan kandungan gula yang tinggi, gula yang tinggi seperti tanaman yang kaya akan protein, vitamin dan karbohidrat. Lebah ini akan memberitahukan keberadaan sumber nektar pada lebah lain dalam koloninya dengan menggunakan suatu tarian. Jenis lebah *Trigona spp.* yang lain ada yang menandai sumber makanannya dengan menggunakan feromon dari kelenjar mandibular yang dikenali oleh lebah lain dalam satu koloni. Umur lebah pekerja sekitar 35-42 hari (Lamerkabel, 2009).

Lebah pekerja mempunyai tugas pokok sebagai berikut :

1. Mengumpulkan makanan untuk koloninya berupa nektar, tepung sari dan air yang berasal dari berbagai macam tanaman yang menghasilkan bunga.
2. Merawat ratu, lebah jantan dan larva.
3. Membangun sel sarang.
4. Menjaga sarang dari musuh-musuhnya.
5. Membersihkan sarang, menyimpan madu dalam sel dan memperbaiki sel sarang yang rusak.

3.3. Lebah Jantan

Lebah jantan bertugas mengawini lebah ratu atau calon lebah ratu dan akan mati seketika setelah kawin. Mata dan sayapnya lebih besar dari lebah pekerja. Warna kehitaman dengan degungan suara agak keras. Kakinya tidak berkeranjang pollen untuk menyimpan tepung sari bunga, dan tidak memiliki selang pipa penghisap madu di bibir, tidak memiliki sengat serta bersifat tenang (Uleander, 2009).

Lebah jantan tidak dapat bertanggung jawab atas dirinya sendiri sehingga pada musim paceklik atau persediaan pakan menipis, sebagian besar lebah jantan akan dibunuh atau dikeluarkan dari sarang oleh lebah pekerja karena lebah jantan dianggap sebagai hama (Sihombing, 2005). Strata lebah *Trigona spp.* dapat dilihat pada Gambar 5.



Ratu



Jantan



Pekerja

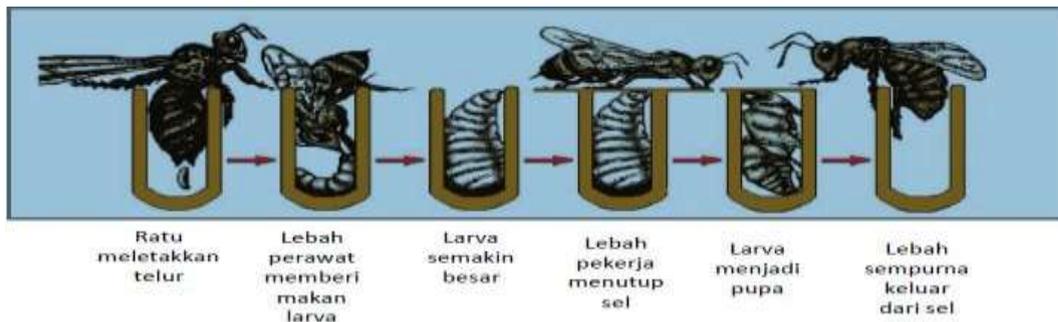
Gambar 5. Strata lebah *Trigona spp.*

4. Fase Hidup Lebah Madu *Trigona spp.*

Kehidupan lebah dimulai dari telur, kemudian setelah tiga hari telur berkembang menjadi larva. Periode awal larva, larva berkembang dalam sel terbuka, dan diberi makan oleh lebah perawat. Makanan pertama yang didapatkan adalah royal jelly, kemudian dicampur dengan pollen dan nektar. Namun calon lebah ratu diberi makanan royal jelly secara terus menerus. Setelah sekitar 5 hari (6 hari untuk calon lebah jantan), lebah pekerja menutup sel. kemudian larva berkembang menjadi pupa).

Pada masa pupa, lebah tidak makan, dan pada masa ini terjadi perubahan dalam tubuh pupa untuk menjadi lebah sempurna. Lebah akan keluar dari sel menjadi lebah sempurna atau lebah dewasa dengan menerobos penutup sel yang terbuat dari lilin (Situmorang dan Hasanudin, 2014). Pada masa perkawinan (3-7 hari) lebah ratu akan dibuahi oleh lebah jantan pilihannya (7-12 pejantan) yang terjadi di udara, dan hanya sekali selama masa hidupnya. Selesai kawin lebah jantan dan ratu jatuh bersama-sama di tanah, lebah jantan segera mati karena

kantong sperma lebah jantan tertinggal dalam rongga alat kelamin lebah ratu, sedangkan lebah ratu kembali ke sarang untuk selanjutnya menempatkan telur-telurnya pada sel-sel sarang, dimana sel sarang pekerja lebih kecil dibanding sel pejantan dan sel-sel yang telah berisi telur segera diisi madu dan tepung sari lalu ditutup dengan lapisan lilin tipis. Telur ratu yang dibuahi sperma akan menjadi lebah pekerja dan yang tidak dibuahi menjadi lebah jantan, juga ratu yang tak terkawini hanya mampu menurunkan lebah jantan saja. Demikian seterusnya lebah ratu hanya bertugas untuk bertelur, dan umurnya dapat mencapai \pm 4 tahun. Untuk menjaga kualitas/produktifitas, peternak lebah biasanya ratu diganti tiap tahun. Berikut perkiraan jangka waktu tahap-tahap perkembangan anak lebah (Situmorang dan Hasanudin, 2014).

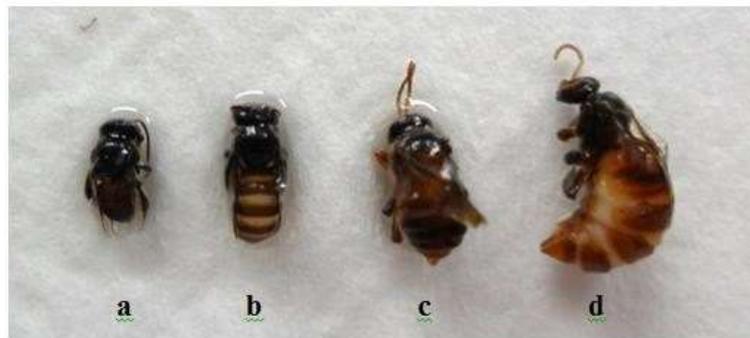


Gambar 6. Tahapan perkembangan lebah *Trigona spp.* dari telur sampai lebah dewasa

Koloni lebah *Trigona spp.* dalam satu sarang dapat berjumlah ribuan ekor (Kwapong, 2010). Dalam sebuah koloni terdapat strata, yaitu ratu, lebah pekerja, lebah jantan dan anakan. Ratu bertugas untuk bereproduksi. Pada umumnya satu koloni mempunyai satu ratu dewasa yang aktif untuk bertelur, dan calon ratu yang dipersiapkan jika ratu mati. Ukuran ratu biasanya lebih besar dibandingkan lebah pekerja dan pejantan. Tubuhnya bulat memanjang dan warnanya lebih pucat atau putih kekuningan (Sihombing, 2005). Ratu memproduksi *pheromone* yang berfungsi untuk memikat lebah jantan untuk kawin. Menurut Chinh & Sommeijer (2005), selain untuk

menarik pasangan untuk bereproduksi, *pheromone* juga dapat digunakan sebagai pengatur aktivitas koloni dan penanda teritorial.

Dalam sebuah koloni lebah, para pekerja merupakan strata yang penting, dengan jumlah terbanyak pada satu koloni. Lebah ini bertugas untuk mencari pakan. Tubuh lebah pekerja berwarna hitam, mempunyai sayap yang menutupi tubuh dan tungkai yang mempunyai banyak bulu halus (*setae*). Menurut Dadant and Sons (1984), kebutuhan total protein dari suatu koloni lebah madu dapat terpenuhi dengan mengkonsumsi pollen.



Gambar 7. Strata dalam suatu koloni lebah *Trigona spp.*: a. pejantan, b. pekerja, c. calon ratu, d. ratu lebah (Sakagami, 1969)

5. Pengaruh Suhu dan Ketinggian pada Koloni *Trigona spp.*

Lebah seperti halnya organisme lain, kehidupannya dipengaruhi oleh biotik dan abiotik. Faktor biotik berupa keanekaragaman tumbuhan penghasil nektar dan pollen, serta hama dan penyakit. Faktor abiotik berupa temperatur, kelembapan udara, curah hujan dan lama penyinaran. Faktor lingkungan ini akan mempengaruhi aktivitas hidup, ketersediaan sumber pakan di alam dan perkembangan populasi lebah (Sihombing, 2005).

Kesuksesan hidup lebah *Trigona spp.* di daerah beriklim tropis tidak lepas dari kemampuannya untuk hidup pada rentang suhu luas. Menurut Ruttner . (1987), keanekaragaman serangga yang ada saat ini dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah ketinggian tempat. Penelitian sebelumnya pada lebah *Trigona* di Bali, ditemukan bahwa koloni lebah ini dapat hidup dari daerah pantai sampai ketinggian ± 800 m dpl. (*Ramalho et al.* 1990). Jenis lebah *Trigona* yang umum ditemukan di Bali adalah *T. laeviceps* (Putra, 2015) Lingkungan koloni lebah *Trigona* pada umumnya adalah tempat yang ternaung, banyak pepohonan dan tidak terlalu tinggi dari tanah. Menurut Root (1983), lebah *Trigona* menyukai tempat teduh dengan berbagai jenis tumbuhan, semakin banyak jenis tumbuhan, semakin banyak populasi yang akan berkembang.

Ketinggian tempat berpengaruh terhadap keanekaragaman organisme akibat dari perbedaan suhu antara dataran rendah dan dataran tinggi. Perbedaan suhu lingkungan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu siklus seperti siang dan malam, musim kemarau dan hujan. Suhu sangat berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan organisme. Secara garis besar, suhu mempengaruhi proses metabolisme, penyebaran, dan kelimpahan organisme. Suhu berpengaruh terhadap pertumbuhan dan kandungan nutrisi tumbuhan yang akan menjadi sumber makanan bagi organisme herbivora (*Buse et al.* 1999).

Lebah *Trigona* aktif pada suhu 18°C hingga 35°C. Aktivitas lebah terganggu dan menurun jika kondisi lingkungan lebih rendah atau lebih tinggi dari suhu tersebut (Morse, 1976). Suhu yang terlalu tinggi, membuat lebah sibuk menjaga koloni khususnya anakan agar tidak mati kepanasan. Sedangkan jika pada suhu yang rendah, aktivitas lebah pekerja menurun sehingga aktivitas pencarian polen dan nektar bisa terhenti. Lebah berkumpul dan bergerombol untuk

meningkatkan suhu di dalam sarang. Suhu yang mendekati titik 0°C, dapat membuat lebah berhenti beraktivitas, namun jika suhu sudah kembali normal aktivitas tubuh lebah akan berangsur normal. Aktivitas terbang pada lebah tak bersengat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor dalam (internal) pada koloni dan faktor luar (eksternal) dari lingkungan. Beberapa faktor yang mempengaruhi aktivitas seperti intensitas cahaya, kelembapan relatif, kecepatan angin, suhu dan hujan. Musim berbunga tumbuhan dan jumlah koloni juga merupakan faktor penting dalam aktivitas terbang lebah (Goebel, 1984).

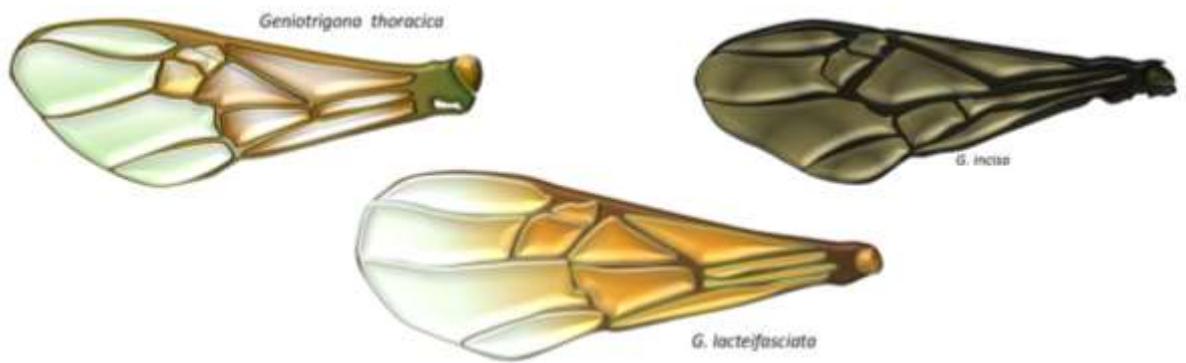
P. Lebah Trigona incisa

Lebah madu *Trigona incisa* biasa disebut juga *Geniotrigona incisa* atau *Wallacetrigona incisa* (Sakagami & Inoue, 1989) dan (Jalil & Shuib, 2016) (Tiara, et al., 2020), yang merupakan jenis lebah jenis endemik Sulawesi yang jinak, tidak menyengat, potensi produksinya tinggi, sehingga lebih mudah dimanipulasi dan dikendalikan; dibandingkan dengan lebah *Trigona* jenis lain pada berbagai wilayah Agroforestri dan dapat menghasilkan 12 jenis diversifikasi produk bernilai ekonomi tinggi.

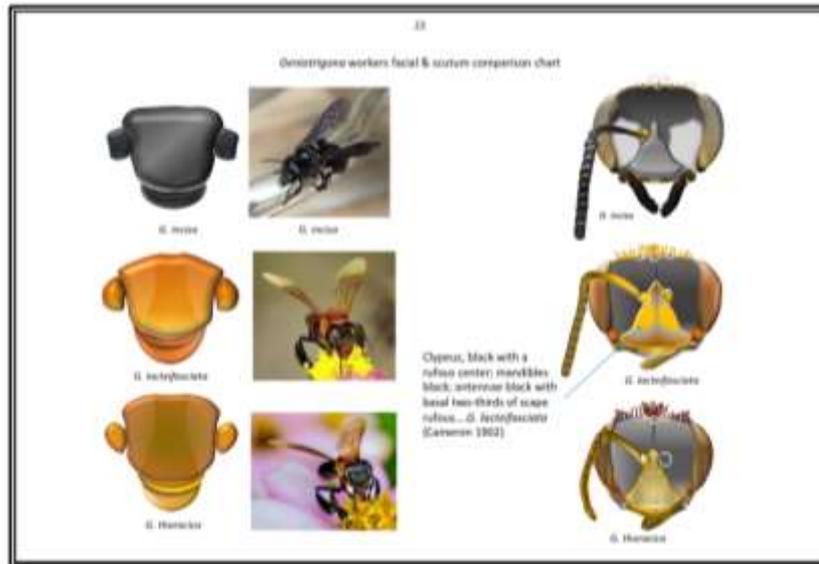
Budiaman et al. (2019a), mengemukakan bahwa kandungan sukrosa madu *Trigona incisa* relatif sangat rendah jika dibandingkan dengan standar uji lainnya nilai maksimum, adalah 1,17%. SNI.01-0354-2004 memiliki syarat maksimal 5%, sedangkan standar kualitas 18 negara maju membutuhkan maksimal 8%, sehingga dapat diasumsikan bahwa sukrosa *Trigona incisa* madu memiliki kadar yang memenuhi kriteria dalam perdagangan. Madu yang memiliki kadar sukrosa tinggi yang melebihi 8% dianggap telah dicampur dengan gula sukrosa, dalam hal ini madu *Trigona incisa* memiliki potensi kualitas yang tinggi untuk diperdagangkan di dunia internasional, dalam hal ini madu *Trigona incisa* yang bersal dari hutan hanya memiliki kadar glukosa sebesar 1,17% (Budiaman et al. 2019a).



Gambar 8. Lebah pekerja *Geniotrigona incisa* (Jalil & Shuib, 2016)



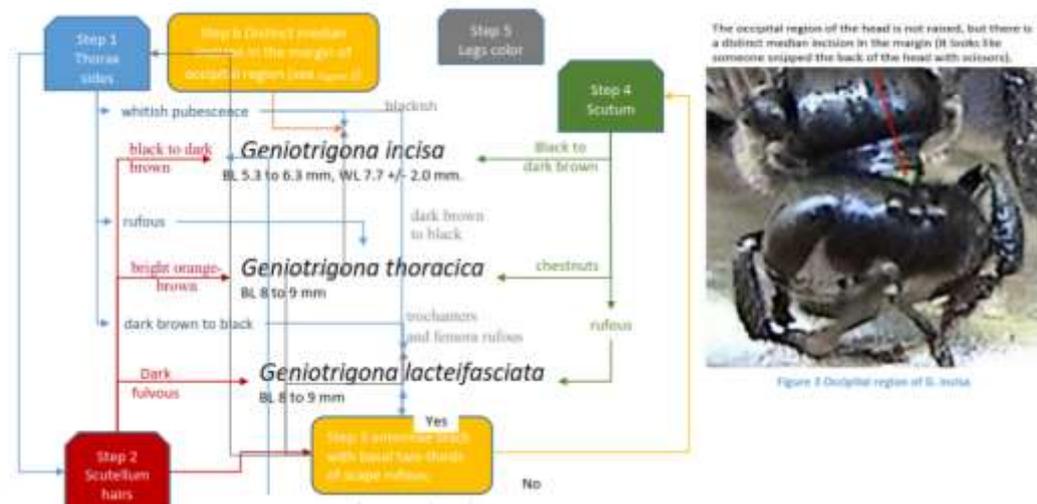
Gambar 9. Perbandingan gambar sayap depan *Geniotrigona incisa* dibanding dengan *G.thoracia* dan *G.lactefaciata* (Sakagami & Inoue, 1989)



Gambar 10. Perbandingan Gambar Kepala Scutum Lebah Pekerja *Geniotrigona incisa* dibanding dengan *G.thoracia* dan *G.lacteifaciata* (Sakagami & Inoue, 1989)



Gambar 11. Mandibula dan rahang *Geniotrigona incisa* (Jalil & Shuib, 2014)



Gambar 12. Kunci determinasi lebah pekerja *Geniotrigona incisa* dengan metode *Composite Algrithm* (Sakagami, 1975 and Scwarz, 1937, Scwarz, 1939)