

**ANALISIS MORFOMETRIK, POLEN DAN KUALITAS MADU LEBAH
TETRAGONULA BIROI PADA KETINGGIAN TEMPAT YANG BERBEDA
DI SULAWESI SELATAN**

*MORPHOMETRIC ANALYSIS, POLLEN, AND HONEY QUALITY OF
TETRAGONULA BIROI BEES AT DIFFERENT ALTITUDES IN SOUTH
SULAWESI*



ANDI PRASTIYO

M012231011



PROGRAM MAGISTER ILMU KEHUTANAN

FAKULTAS KEHUTANAN

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2024

**ANALISIS MORFOMETRIK, POLEN DAN KUALITAS MADU LEBAH
TETRAGONULA BIROI PADA KETINGGIAN TEMPAT YANG BERBEDA
DI SULAWESI SELATAN**

ANDI PRASTIYO

M012231011



**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

**ANALISIS MORFOMETRIK, POLEN DAN KUALITAS MADU LEBAH
TETRAGONULA BIROI PADA KETINGGIAN TEMPAT YANG BERBEDA
DI SULAWESI SELATAN**

Tesis

sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar magister

Program Studi Magister Ilmu Kehutanan

Disusun dan diajukan oleh

ANDI PRASTIYO

M012231011

kepada

**PROGRAM STUDI MAGISTER ILMU KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2024**

TESIS

**ANALISIS MORFOMETRIK, POLEN DAN KUALITAS MADU LEBAH
TETRAGONULA BIROI PADA KETINGGIAN TEMPAT YANG BERBEDA DI
SULAWESI SELATAN**

**ANDI PRASTIYO
M012231011**

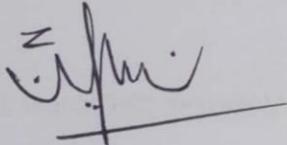
telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Magister pada 29 Oktober 2024 dan dinyatakan telah memenuhi syarat kelulusan

pada

Program Studi Magister Ilmu Kehutanan
Departemen Kehutanan
Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin
Makassar

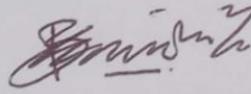
Mengesahkan:

Pembimbing Utama,



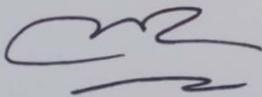
Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P.
NIP. 196804101995122001

Pembimbing Pendamping,



Dr. Ir. Budiaman, M.P.
NIP. 19671228199203100

Ketua Program Studi
Magister Ilmu Kehutanan,



Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU.
NIP. 197802092008121001

Dekan Fakultas Kehutanan
Universitas Hasanuddin,



Prof. Dr. A. Mujetahid M., S.Hut., M.P.
NIP. 196902081997021002

PERNYATAAN KEASLIAN TESIS DAN PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa, tesis berjudul "Analisis morfometrik, polen dan kualitas madu lebah *Tetragonula biroi* pada ketinggian tempat yang berbeda di Sulawesi Selatan" adalah benar karya saya dengan arahan dari tim pembimbing (Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P. dan Dr. Ir. Budiaman, M.P.). Karya ilmiah ini belum diajukan dan tidak sedang diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal dari atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka tesis ini. Sebagian dari isi tesis ini telah dipublikasikan di Jurnal (Biodiversitas, 25, 1993-2002, dan <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250516>) sebagai artikel dengan judul "Morphology and morphometric of *Tetragonula biroi* bees at three different altitudes in South Sulawesi, Indonesia". Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa Sebagian atau keseluruhan tesis ini adalah karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut berdasarkan aturan yang berlaku.

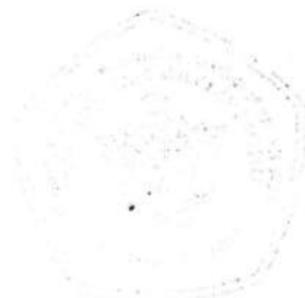
Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya berupa tesis ini kepada Universitas Hasanuddin.

Makassar, 29 Oktober 2024



Andi Prastiyo

M012231011



Ucapan Terima Kasih

Penelitian yang saya lakukan dapat terlaksana dengan sukses dan tesis ini dapat terampungkan atas bimbingan, diskusi dan arahan Ibu Dr. Ir. Sitti Nuraeni, M.P. sebagai pembimbing utama, Bapak Dr. Ir. Budiaman, M.P. sebagai pembimbing pendamping, Bapak Prof. Dr. A. Mujetahid M., S.Hut., M.P., Bapak Dr. Ir. Andi Sadapotto, M.P. dan Bapak Ir. Mukrimin, S.Hut., M.P., Ph.D., IPU. sebagai penguji. Saya mengucapkan berlimpah terima kasih kepada mereka. Penghargaan yang tinggi juga saya sampaikan kepada peternak budidaya lebah di Bone, Luwu Utara, dan Bulukumba yang telah mengizinkan penulis untuk melaksanakan penelitian di lokasi. Penulis ucapkan terima kasih juga untuk Laboratorium Perlindungan dan Serangga Hutan serta Laboratorium Kehutanan dan Lingkungan Terpadu atas kesempatan untuk menggunakan fasilitas dan peralatan di Laboratorium. Terima kasih juga kepada Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar yang telah menerima dan mengajar penulis untuk proses pengujian sampel. Terima kasih kepada saudara Andi Al Mudatsir, S.Hut., Deril Apet Pamaling, S.Hut., Abang Ide, Abd. Rahman, S.Hut., Nurfadilah Latif, S.Hut., Ririn Dwi Hariyanti, S.Hut., yang telah membantu dalam penelitian dan teman-teman Olympus (2019) serta adik-adik Laboratorium PSH yang banyak *mensupport* penulis.

Kepada Kementerian Keuangan, saya mengucapkan terima kasih atas beasiswa LPDP (Lembaga Pengelola Dana Pendidikan) yang diberikan (NIB 20230611198488) selama menempuh program pendidikan magister mulai Agustus – selesai. Terima kasih kepada teman-teman awardee LPDP yang juga banyak *mensupport* penulis. Ucapan terima kasih juga saya ucapkan kepada pimpinan Universitas Hasanuddin dan Fakultas Kehutanan Universitas Hasanuddin yang telah memfasilitasi saya menempuh program magister, para dosen, staf akademik dan rekan-rekan yang banyak *mensupport* yang tidak dapat saya tuliskan satu persatu.

Akhirnya, kepada kedua orang tua tercinta saya mengucapkan limpah terima kasih dan sembah sujud atas doa, pengorbanan dan motivasi mereka selama saya menempuh pendidikan. Terkhusus untuk ibu saya yang selama ini telah berjuang dan berusaha untuk anaknya menempuh pendidikan. Penghargaan yang besar juga saya sampaikan kepada seluruh keluarga atas motivasi dan dukungan yang tak ternilai. Tak terluput juga kepada kerabat-kerabat, teman-teman seperjuangan yang

vi

masih menempuh pendidikan semoga selalu diberikan kemudahan dan kelancaran hingga selesai.

ABSTRAK

ANDI PRASTIYO. **Analisis morfometrik, polen dan kualitas madu lebah *Tetragonula biroi* pada ketinggian tempat yang berbeda di Sulawesi Selatan** (dibimbing oleh Sitti Nuraeni dan Budi Aman).

Latar belakang. *Tetragonula biroi* merupakan salah satu spesies lebah tak bersengat yang berperan penting dalam penyerbukan, dan pelestarian lingkungan. **Tujuan.** Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pola adaptasi lebah *T. biroi*, tanaman potensial sebagai sumber makanan, dan karakteristik kualitas madu yang dihasilkan pada ketinggian yang berbeda. **Metode.** Penelitian ini terbagi atas tiga variabel ketinggian yang berbeda yaitu dataran rendah, dataran sedang dan dataran tinggi di Sulawesi Selatan. Analisis data menggunakan analisis deskriptif, *one-way analysis of varian* (ANOVA) dan *principal component analysis* (PCA). **Hasil.** Ukuran panjang tubuh lebah *T. biroi* pada dataran rendah rata-rata $3,73 \pm 0,09$ mm, dengan polen dominan *Cocos nucifera* L. sebesar 17,27%, dan kualitas madu yang dihasilkan semua memenuhi SNI. Dataran sedang memiliki ukuran panjang tubuh lebah rata-rata $3,90 \pm 0,05$ mm, dengan polen dominan *Zea mays* L. sebesar 20,92%, dan kualitas madu yang memenuhi SNI yaitu kadar air. Dataran tinggi memiliki ukuran panjang tubuh lebah rata-rata sebesar $4,09 \pm 0,14$ mm, polen dominan *Mangifera indica* L. sebesar 22,76%, dan kualitas madu yang memenuhi SNI yaitu kadar air. **Kesimpulan.** Semakin tinggi suatu lokasi maka semakin besar karakter ukuran bagian tubuh lebah *T. biroi*, memiliki polen dominan pada masing-masing lokasi dan kualitas madu terbaik pada dataran rendah.

Kata kunci: ketinggian; madu; morfometrik; polen; *Tetragonula biroi*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
PERNYATAAN PENGAJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TESIS	Error! Bookmark not defined.
UCAPAN TERIMA KASIH	v
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan dan Manfaat	3
1.4 Teori	3
1.4.1 Morfometrik Lebah <i>T. biroi</i>	3
1.4.2 Polen pada Madu	4
1.4.3 Kualitas Madu	5
1.5 Kerangka Penelitian	5
BAB II. METODOLOGI PENELITIAN	7
2.1 Waktu dan Tempat	7
2.2 Alat dan Bahan	7
2.3 Prosedur Penelitian	8
2.3.1 Pengambilan Sampel Lebah <i>T. biroi</i>	8
2.3.2 Pengambilan Sampel Madu Lebah <i>T. biroi</i>	8
2.3.3 Pengambilan Data Kondisi Lingkungan	9
2.4 Pengukuran Morfometrik Lebah <i>T. biroi</i>	9
2.5 Pengamatan Polen pada Madu	11
2.6 Uji Kualitas Madu	11
2.6.1 Kadar Air	12

2.6.2 Gula Pereduksi.....	12
2.6.3 Sukrosa.....	14
2.6.4 Keasaman.....	16
2.6.5 Kadar Abu.....	17
2.7 Analisis Data.....	17
BAB III. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	19
3.1 Deskripsi Umum Lokasi.....	19
3.2 Morfometrik Lebah <i>T. biroi</i>	20
3.3 Polen pada Madu Lebah <i>T. biroi</i>	25
3.4 Kualitas Madu Lebah <i>T. biroi</i>	28
BAB IV. PENUTUP.....	35
4.1 Kesimpulan.....	35
4.2 Saran.....	35
DAFTAR PUSTAKA.....	36
LAMPIRAN.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Syarat kualitas madu tanpa sengat berdasarkan SNI 8664:2018	11
Tabel 2. Kondisi lokasi penelitian.....	19
Tabel 3. Morfometrik lebah <i>T. biroi</i>	21

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kerangka penelitian	6
Gambar 2. Lokasi penelitian, (A) Dataran Rendah; (B) Dataran Sedang; (C) Dataran Tinggi	7
Gambar 3. (A) Bee trap, (B) Microtube	8
Gambar 4. Bagian morfometrik lebah; panjang tubuh (PT); panjang kepala (PK); lebar kepala (LK); panjang mandibula (PBM); lebar mandibula (LB); panjang clypeus (PC); jarak antara mata bagian bawah (JMB); jarak antara mata bagian atas (JMA); lebar mata (LM); panjang mata (PM); jarak antara orbita maksimum (JOM); jarak antara orbita bawah (JOB); jarak antara antena (JA); jarak antara interocellar (JI); jarak antara ocellocular (JO); jarak mata tunggal dengan antena (JAA); jarak mata majemuk dengan antena (JMT); lebar gena (LG); panjang flagelomer IV (PF); lebar flagelomer IV (LF); panjang malar (PR); panjang mesoskutum (PU); lebar mesoskutum (LC); panjang sayap depan sampai tegula (PST); jarak antara bifurkasi M-Cu (JB); panjang sayap depan (PSD); lebar sayap depan (LSD); panjang sayap belakang (PSB); lebar sayap belakang (LSB); panjang probosis (PP); panjang femur belakang (PFB); lebar tibia belakang (LTB); panjang tibia belakang (PTB); lebar basitarsus belakang (LBB); panjang basitarsus belakang (PBB)	10
Gambar 5. Lokasi budidaya lebah T. biroi, (A) Dataran Rendah; (B) Dataran Sedang; (C) Dataran Tinggi.....	20
Gambar 6. Hasil PCA dari lebah T. biroi berdasarkan karakter bagian-bagian tubuh	23
Gambar 7. Dendogram variabel.....	23
Gambar 8. Biplot PCA lebah T. biroi pada ketinggian berbeda.....	24
Gambar 9. Persentase polen pada Dataran Rendah	26
Gambar 10. Persentase polen pada Dataran Sedang	27
Gambar 11. Persentase polen pada Dataran Tinggi.....	28
Gambar 12. Rata-rata kadar air madu T. biroi	29
Gambar 13. Rata-rata kadar gula pereduksi madu T. biroi	30
Gambar 14. Rata-rata kadar sukrosa madu T. biroi.....	31
Gambar 15. Rata-rata kadar keasaman madu T. biroi.....	32
Gambar 16. Rata-rata kadar abu madu T. biroi	32
Gambar 17. Korelasi faktor lingkungan dengan kualitas madu. KA (kadar air); KG (kadar gula pereduksi); KS (kadar sukrosa); KK (kadar keasaman); KU (kadar abu); CH (curah hujan); H (ketinggian); % (kelembapan); S (kecepatan angin); oC (suhu); LUX (intensitas cahaya)	33

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Identifikasi dan Pengukuran Morfometrik Lebah <i>T. biroi</i>	41
Lampiran 2. Hasil Statistik Morfometrik Lebah <i>T. biroi</i>	44
Lampiran 3. Jenis Polen pada Madu Dataran Rendah	45
Lampiran 4. Jenis Polen pada Madu Dataran Sedang.....	47
Lampiran 5. Jenis Polen pada Madu Dataran Tinggi	50
Lampiran 6. Hasil Statistik Kualitas Madu.....	53
Lampiran 7. Dokumentasi Penelitian	54

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lebah adalah serangga yang memiliki manfaat bagi lingkungan karena berperan sebagai penyerbuk tanaman. Serangga ini paling sering dijumpai diberbagai ekosistem, baik di hutan, kebun, maupun lahan pertanian. Salah satu spesies lebah yang memiliki potensi besar salah satunya yaitu lebah tanpa sengat (*Trigona*). Lebah *Trigona* yang tersebar di berbagai wilayah Indonesia yaitu 46 jenis, dimana terdapat di Pulau Jawa, Sulawesi, Sumatera, Kalimantan, hingga Papua (Sayusti et al., 2021). Lebah tanpa sengat yang tersebar di Sulawesi dan banyak dibudidayakan, khususnya di Sulawesi Selatan adalah *Tetragonula biroi* (*T. biroi*). Lebah *T. biroi* adalah jenis lebah tanpa sengat yang mudah dibudidayakan (Roubik, 2023). Indonesia memiliki keanekaragaman spesies lebah tanpa sengat yang cukup tinggi dengan berbagai spesies yang dapat ditemukan di berbagai wilayah di Indonesia.

Lebah *T. biroi* memiliki struktur morfologi sama dengan serangga lainnya, terdiri dari tiga bagian utama yaitu caput, thorax dan abdomen. Mulutnya berbentuk silindris panjang yang dipergunakan untuk menghisap nektar yang tersimpan di dalam kantung madu yang bisa membesar (Nurdin et al., 2021). Tubuh lebah tertutup sebagian oleh rambut halus yang berfungsi sebagai penerima rangsangan atau sensor sentuhan. Rambut halus pada lebah juga berperan sebagai alat menyimpan polen atau sering disebut polen basket yang terdapat pada bagian tungkai kaki belakang. Lebah memiliki tubuh yang beruas-ruas, dimana setiap ruasnya saling terhubung. Menurut Purba et al. (2023), bahwa analisis ukuran struktur eksternal lebah dinyatakan sebagai morfometrik. Karakter atau ukuran morfologi dapat menentukan produksi lebah. Karakter bagian eksternal atau karakteristik morfologis yang dominan diperuntukkan untuk mempertimbangkan adaptasi yang lebih luas (Humaida, 2024).

Polen pada madu juga merupakan aspek penting yang perlu diteliti. Polen tidak hanya merupakan sumber protein utama bagi koloni lebah, tetapi juga memiliki nilai gizi tinggi bagi manusia (Adalina, 2018). Polen pada madu tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi, tetapi juga berperan sebagai penanda geografis dan botanis, yang membantu dalam identifikasi asal usul madu. Identifikasi jenis polen yang dikumpulkan oleh lebah dapat memberikan informasi tentang sumber makanan alami lebah dan variasi flora di berbagai lokasi (Fadilah, 2023). Sulawesi Selatan terdapat variasi ekosistem yang beragam akibat perbedaan ketinggian geografis, mulai dari dataran rendah hingga pegunungan. Perbedaan ini mempengaruhi jenis vegetasi yang tumbuh di daerah tersebut, dan pada gilirannya mempengaruhi jenis polen yang dihasilkan oleh tanaman. Madu lebah *T. biroi* yang diproduksi di berbagai ketinggian memiliki karakteristik polen yang berbeda, mencerminkan flora khas dari masing-masing ketinggian.

Madu sebagai produk yang dihasilkan lebah *T. biroi* juga perlu di uji sesuai SNI untuk melihat kualitas yang dihasilkan (Khairana et al., 2023). Madu memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI), hal ini untuk menentukan kualitas madu yang dihasilkan dari lebah. Madu merupakan salah satu produk alam yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan manfaat Kesehatan (Fadiah, 2023). Kandungan nutrisi dan kualitas madu sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk jenis bunga yang diakses oleh lebah, kondisi iklim, serta ketinggian tempat produksi madu. Sulawesi Selatan, dengan topografi yang beragam, mulai dari dataran rendah hingga pegunungan, menawarkan potensi besar untuk memproduksi madu dengan kualitas yang bervariasi.

Praktik budidaya lebah *T. biroi* sudah berkembang di beberapa daerah di Sulawesi Selatan (Salatnaya et al., 2023). Salah satunya yaitu di daerah Kabupaten Bulukumba (dataran rendah), Luwu utara (dataran sedang), dan Bone (dataran tinggi), dimana wilayah tersebut cukup memiliki vegetasi sumber pakan lebah sehingga banyak koloni lebah bersarang pada daerah tersebut. Sumber makanan merupakan hal yang sangat penting dalam mendukung keberlangsungan hidup lebah (Erwan et al., 2022). Lebah *T. biroi* memiliki manfaat secara langsung untuk mendukung perekonomian masyarakat karena memiliki produk utama yang dimanfaatkan yaitu madu. Madu lebah *T. biroi* dikenal memiliki rasa yang manis dengan campuran rasa asam dan memiliki kandungan nutrisi yang baik (Kartika et al., 2023).

Penelitian lebah tanpa sengat di Indonesia sudah banyak dilakukan, tetapi informasi terkait morfometrik, polen, dan kualitas madu lebah tanpa sengat khususnya spesies *T. biroi* masih terbatas di Sulawesi. Penelitian terkait morfometrik lebah *T. biroi* dapat menjadi dasar mengenai adaptasi pada ketinggian yang berbeda. Identifikasi polen pada madu memberikan informasi vegetasi yang menjadi sumber makanan bagi lebah yang disukai pada waktu tertentu. Uji kualitas madu *T. biroi* (kadar air, gula pereduksi, sukrosa, keasaman dan abu) dapat menjadi *database* pada beberapa tempat budidaya untuk menilai mutu produksi madu sehingga dapat meningkatkan kualitas produk madu yang dihasilkan dan memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). Hasil penelitian ini diharapkan bisa menjadi dasar dan sumber informasi dalam pengembangan dan peningkatan produksi produk lebah *T. biroi* pada berbagai ketinggian.

1.2 Rumusan Masalah

Penelitian ini dilaksanakan untuk menjawab permasalahan tentang:

1. Bagaimana lebah *T. biroi* yang berada pada ketinggian berbeda di Sulawesi Selatan beradaptasi dengan lingkungannya berdasarkan analisis morfometrik?
2. Jenis tanaman apa saja yang paling disukai sebagai sumber makanan lebah *T. biroi* pada ketinggian berbeda dengan pendekatan identifikasi polen pada madu?
3. Bagaimana kualitas madu yang dihasilkan lebah *T. biroi* dan hubungannya dengan faktor lingkungan?

1.3 Tujuan dan Manfaat

Berdasarkan penjelasan latar belakang sebelumnya, tujuan dari penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis adaptasi spesies lebah *T. biroi* pada ketinggian berbeda di Sulawesi Selatan berdasarkan morfometrik.
2. Menganalisis polen pada madu untuk memperoleh informasi jenis tanaman dominan sebagai sumber makanan yang disukai lebah *T. biroi*.
3. Menganalisis kualitas madu lebah *T. biroi* pada ketinggian berbeda dan hubungannya dengan faktor lingkungan.

Manfaat dari penelitian ini yaitu dapat menjadi bahan referensi bagi peneliti terkait morfometrik lebah. Hasil riset ini juga bisa dimanfaatkan sebagai informasi bagi masyarakat yang mengonsumsi madu dan peternak lebah untuk mengembangkan atau memperbanyak vegetasi sumber pakan lebah. Harapannya penelitian ini dapat menjadi acuan atau rekomendasi dan dasar dalam pengembangan budidaya lebah *T. biroi* sehingga kualitas madu yang diperoleh dapat memenuhi SNI: 8664:2018.

1.4 Teori

Lebah *T. biroi* merupakan lebah sosial sebagai penyerbuk yang hidup berkelompok atau berkoloni. Lebah memiliki tugas yang terbagi, seperti mengumpulkan makanan, merawat larva, dan menjaga sarang (Kartikasari et al., 2023). Lebah tanpa sengat banyak membangun sarang di dalam batang pohon atau tanaman yang telah mati. Budidaya lebah tanpa sengat dapat membantu pelestarian spesies ini dan menciptakan peluang ekonomi. Pelestarian seperti habitat alami menjadi kunci utama untuk keberlanjutan budidaya. Hilangnya habitat alami dan penggunaan pestisida yang berlebihan dapat mengancam keberlanjutan lebah (Tifarani dan Ansari, 2023).

Penyebaran berbagai spesies lebah tanpa sengat di berbagai daerah Indonesia dapat terjadi karena manusia yang mendistribusikan untuk kepentingan pengembangan. Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pengembangan budidaya lebah adalah ketinggian. Berdasarkan Istiawan dan Kastono (2019) ketinggian tempat yang terdiri dari dataran rendah (<400 mdpl), dataran sedang (400-700 mdpl) dan dataran tinggi (>700 mdpl). Selain itu, faktor lingkungan seperti sumber pakan, suhu, kelembapan, sangat berperan dalam proses pengembangan budidaya lebah. Beragam faktor tersebut sangat menentukan lebah tanpa sengat untuk beradaptasi, reproduksi dan bertahan hidup di tempat atau lingkungan yang baru (Gruter, 2020). Sebaran budidaya lebah *T. biroi* banyak di Indonesia khususnya di Sulawesi Selatan.

1.4.1 Morfometrik Lebah *T. biroi*

Studi morfometrik lebah *T. biroi* pada ketinggian yang berbeda di Sulawesi Selatan merupakan kontribusi penting dalam memahami adaptasi terhadap kondisi lingkungan. Morfologi lebah *T. biroi* dapat mencakup berbagai aspek, termasuk

ukuran tubuh, panjang sayap, antena, dan karakteristik lain yang dapat berubah sebagai respons terhadap kondisi lingkungan yang berbeda (Lamarkabel et al., 2021). Sulawesi Selatan memiliki kondisi topografi yang beragam, mulai dari dataran rendah hingga dataran tinggi, sehingga memungkinkan untuk mempelajari adaptasi lebah pada ketinggian yang berbeda. Sulawesi Selatan banyak membudidayakan lebah tanpa sengat, khususnya lebah *T. biroi* di Kabupaten Luwu Utara dan Bone (Marshabilla, 2022).

Pemahaman lebih lanjut tentang adaptasi morfometrik lebah dapat membantu dalam merancang strategi pengembangan dan pelestarian (Crone et al., 2022). Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut di Sulawesi Selatan sangat penting untuk mendukung upaya konservasi dan adaptasi lebah terhadap perubahan lingkungan. Studi tentang morfometrik pada ketinggian yang berbeda memberikan wawasan berharga tentang adaptasi lebah terhadap perubahan kondisi lingkungan (Fanny, 2022).

Analisis morfometrik juga dapat memberikan wawasan tentang perubahan proporsi bagian tubuh tertentu, seperti kepala, toraks, dan abdomen. Adaptasi seperti itu dapat memiliki pengaruh penting untuk fungsi biologis lebah *T. biroi*, seperti kemampuan mencari makanan, menjaga suhu tubuh, atau berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya. Hasil penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih baik tentang adaptasi lebah *T. biroi* pada ketinggian yang berbeda. Memahami morfometrik suatu spesies sebagai bentuk respons perubahan iklim atau peningkatan aktivitas manusia (Montero-Mendieta et al., 2019).

1.4.2 Polen pada Madu

Analisis polen dalam madu, adalah teknik yang umum digunakan untuk mengidentifikasi asal usul botani madu dan berkontribusi dalam studi ekologis serta konservasi lingkungan. Polen adalah serbuk halus yang merupakan gamet jantan pada tumbuhan berbunga dan konifer (Vanawati, 2023). Polen memiliki peran dalam proses reproduksi tumbuhan melalui penyerbukan. Lebah mengumpulkan nektar dari bunga, mereka juga membawa polen yang kemudian terakumulasi dalam madu. Identifikasi polen dalam madu dapat memberikan informasi mengenai sumber geografi madu tersebut (Dicky, 2023).

Ketinggian yang berbeda memiliki komposisi jenis tumbuhan yang juga bervariasi, sehingga polen yang terkumpul dalam madu dari daerah tersebut akan mencerminkan vegetasi. Sulawesi Selatan, memiliki variasi topografi dari dataran rendah hingga pegunungan memungkinkan adanya variasi flora yang signifikan (Susilo, 2021). Studi terhadap polen dalam madu di berbagai ketinggian ini dapat memberikan wawasan mengenai distribusi flora berdasarkan ketinggian. Ketinggian tempat suatu daerah dapat mempengaruhi jenis flora yang tumbuh (Widiya et al., 2019).

Sulawesi Selatan dengan keanekaragaman hayatinya menawarkan potensi untuk penelitian polen. Studi identifikasi polen pada berbagai ketinggian di wilayah ini dapat mengungkap bagaimana perbedaan ketinggian mempengaruhi komposisi polen dalam madu. Penelitian polen dapat memperkaya pengetahuan ilmiah tentang

interaksi antara lebah, flora, dan lingkungan, tetapi juga dapat digunakan untuk mengembangkan produk madu lokal yang lebih berkualitas dan memiliki nilai tambah di pasar nasional maupun internasional (Seftiani, 2024).

1.4.3 Kualitas Madu

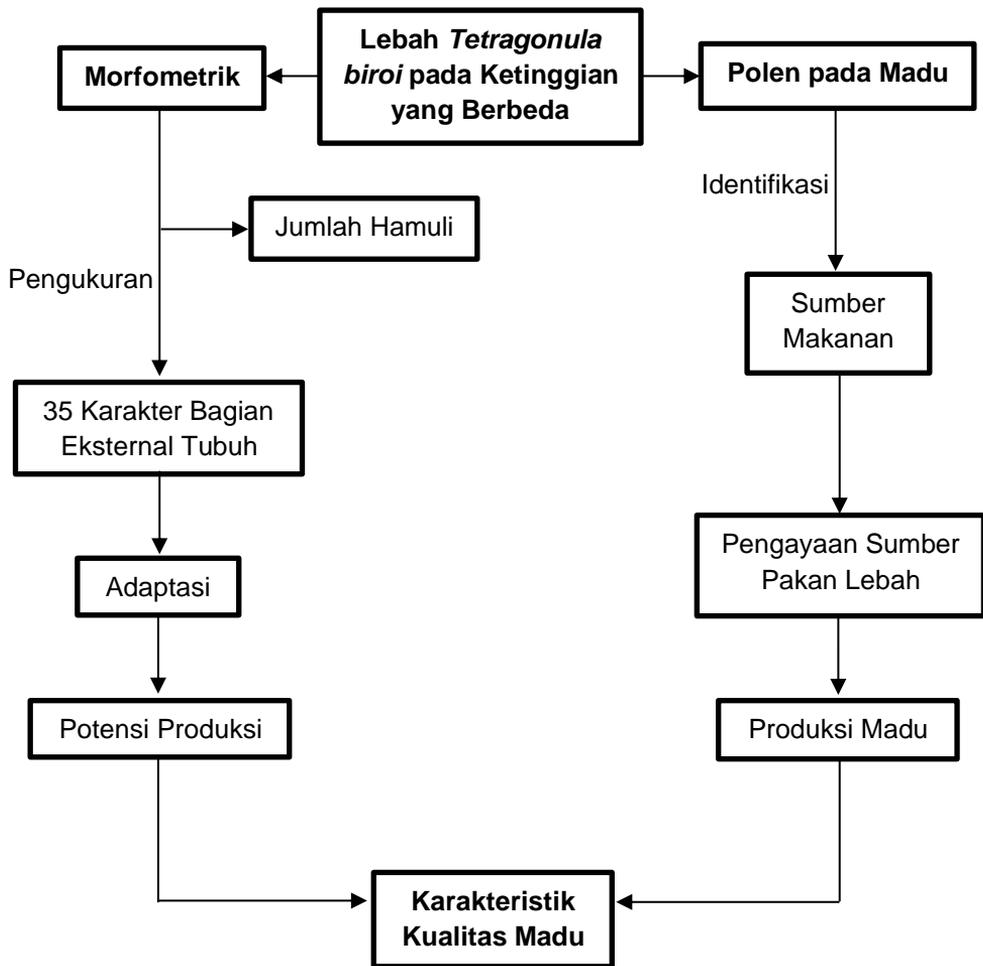
Kualitas madu sangat penting untuk diketahui oleh petani, peneliti, dan konsumen. Kualitas madu di Indonesia telah diatur dalam standar SNI:2018, yang mengklasifikasikan madu menjadi madu hutan, madu budidaya, dan madu lebah tak bersengat. Kualitas madu lebah tak bersengat memiliki kriteria-kriteria tersendiri, terutama dalam pengujian laboratorium. Lokasi geografis produksi madu memainkan peran penting dalam menentukan kualitas madu yang dihasilkan. Indonesia sebagai negara tropis dengan keanekaragaman hayati yang luas, memiliki lebah yang menghasilkan berbagai jenis madu (Kuswandi dan Nurfawaindi, 2017). Membandingkan kualitas madu di beberapa daerah dengan berbagai parameter dapat melihat hasil kualitas madu terbaik (Yayinie et al., 2021).

Praktik pemeliharaan lebah dan pemanenan madu yang diterapkan oleh peternak dapat memengaruhi kualitas madu. Kondisi lingkungan, termasuk perubahan iklim, sangat memengaruhi kualitas madu (Vercelli et al., 2021). Jenis-jenis bunga yang dikunjungi oleh lebah, metode panen, dan langkah-langkah pengolahan semua berkontribusi terhadap karakteristik akhir madu. Kepatuhan terhadap standar nasional, seperti SNI untuk madu, memastikan bahwa madu memenuhi kriteria tertentu terkait kadar air, keasaman, kadar sukrosa, dan parameter lainnya (Octavani et al., 2020).

Menguji kualitas madu dapat menjadi kunci untuk memenuhi permintaan pasar akan madu berkualitas. Kualitas produk penting dalam menghadapi persaingan pasar, yang pada akhirnya meningkatkan minat konsumen (Vanderroost et al., 2014). Pentingnya pengujian kualitas madu akan berdampak pada konsumen karena madu wajib memiliki kandungan yang baik untuk dikonsumsi (Mititelu et al., 2022). Pengambilan keputusan berbasis data tentang metode produksi mendorong pengembangan praktik pemeliharaan lebah yang berkelanjutan dan membantu konsumen membuat pilihan berdasarkan preferensi dan pertimbangan kesehatan.

1.5 Kerangka Penelitian

Berdasarkan konsep-konsep dasar yang telah diuraikan sebelumnya, maka penelitian ini dirancang dengan kerangka konseptual yang disajikan pada Gambar 1.



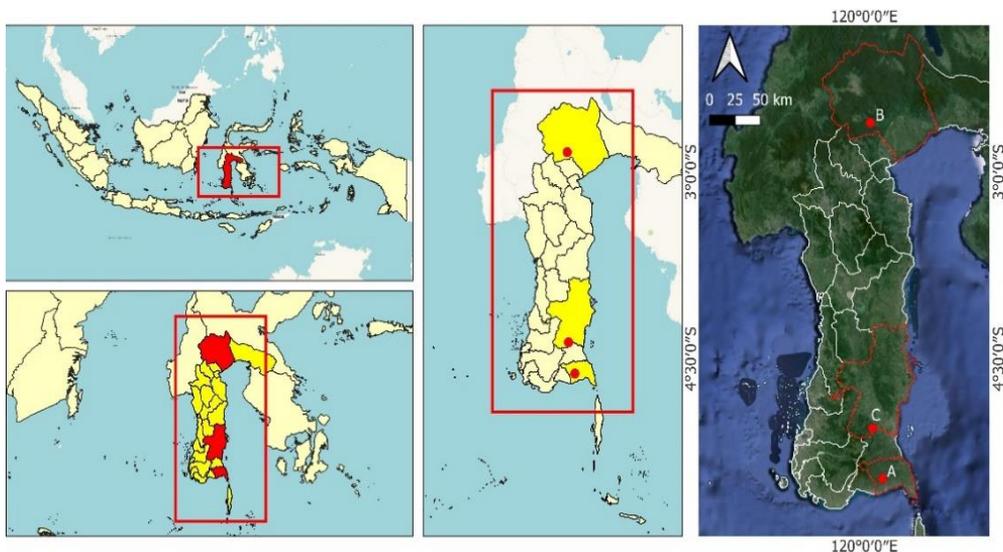
Gambar 1. Kerangka penelitian

BAB II

METODOLOGI PENELITIAN

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2023 – Mei 2024 yang bertempat di dataran rendah Bulukumba (5°27'39"S 120°9'44"E), dataran sedang Luwu Utara (2°36'9"S 120°3'14"E), dan dataran tinggi Bone (5°3'27"S 120°4'21"E). Pengukuran morfometrik dan identifikasi polen pada madu dilakukan di Laboratorium Kehutanan dan Lingkungan Terpadu, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin. Uji kualitas madu dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Makassar. Pemilihan lokasi menggunakan *purposive sampling* dengan melihat distribusi lebah *T. biroi* di Sulawesi Selatan, dimana spesies ini banyak dibudidayakan. Lokasi pengambilan sampel lebih detailnya dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Lokasi penelitian, (A) Dataran Rendah; (B) Dataran Sedang; (C) Dataran Tinggi

2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu, *bee net*, *microtube*, botol sampel, nampan, spons, pinset, sarung tangan *latex*, spidol, kamera, pisau, *global positioning system (gps)*, mikroskop stereo, mikroskop trinokuler, *deck glass*, pinset, *scalpel*, pipet tetes, cawan *petri*, saringan, oven, tanur, buret, pipet gondok, corong, pH meter, *stopwatch*, *timer*, cawan porselin, *hotplate*, *condensor*, timbangan analitik, labu erlemeyer, gunting penjepit, keranjang sampel, desikator, pipet skala, labu ukur, sendok bahan, stup sampel, *thermohyrometer*, *anemometer*, *lux meter* dan *centrifuge*.

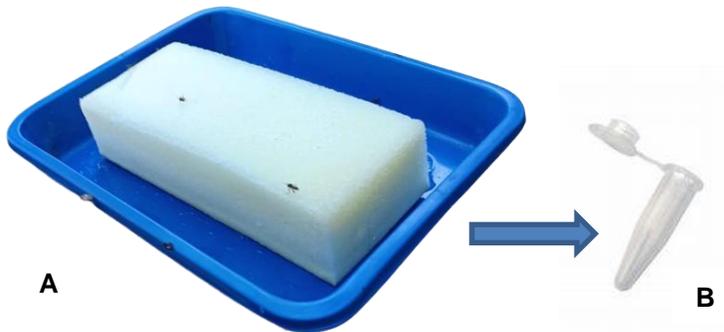
Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, lebah *T. biroi*, madu, air gula, *chlorofoam*, alkohol 70%, gliserin, safranin, air suling, kertas saring, kertas label, aquades, indikator PP 0,1%, NaOH 50%, HCl 25%, *amonium di-hydrogen phosphate* 10%, KI 30%, luff, H₂SO₄ 25%, *natrium tio sulfat* 0,1 N, *amilum* 1%, *potasium iodide*, kertas lem, spidol, dan tabel *luff school*.

2.3 Prosedur Penelitian

2.3.1 Pengambilan Sampel Lebah *T. biroi*

Prosedur pengambilan sampel lebah *T. biroi* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan perangkap lebah (*bee trap*) seperti pada Gambar 3.
2. Cairan gula yang telah dibuat dituangkan pada *bee trap* untuk memancing lebah pekerja datang pada perangkap.
3. Meletakkan perangkap pada area meliponikultur.
4. Menunggu hingga lebah pekerja *T. biroi* hinggap pada *bee trap*.
5. Menangkap lebah dengan microtube yang telah diberikan *chlorofoam*.
6. Mengoleksi lebah sebanyak 10 individu perlokasi.
7. Microtube diberikan label untuk keterangan lokasi pengambilan sampel.



Gambar 3. (A) *Bee trap*, (B) *Microtube*

2.3.2 Pengambilan Sampel Madu Lebah *T. biroi*

Prosedur pengambilan sampel madu *T. biroi* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Memasang *bee net* untuk pengambilan atau pemanenan madu.
2. Melakukan pemanenan madu pada 3 stup lebah setiap lokasi.
3. Membuka stup lebah yang berisi pot madu.
4. Pot madu dipisahkan dengan pot *bee bread*.
5. Pot madu yang terkumpul, kemudian diperas.
6. Madu disimpan dalam botol sampel sebanyak 100 ml setiap parameter.
7. Botol sampel diberikan label sebagai keterangan pengambilan sampel.

2.3.3 Pengambilan Data Kondisi Lingkungan

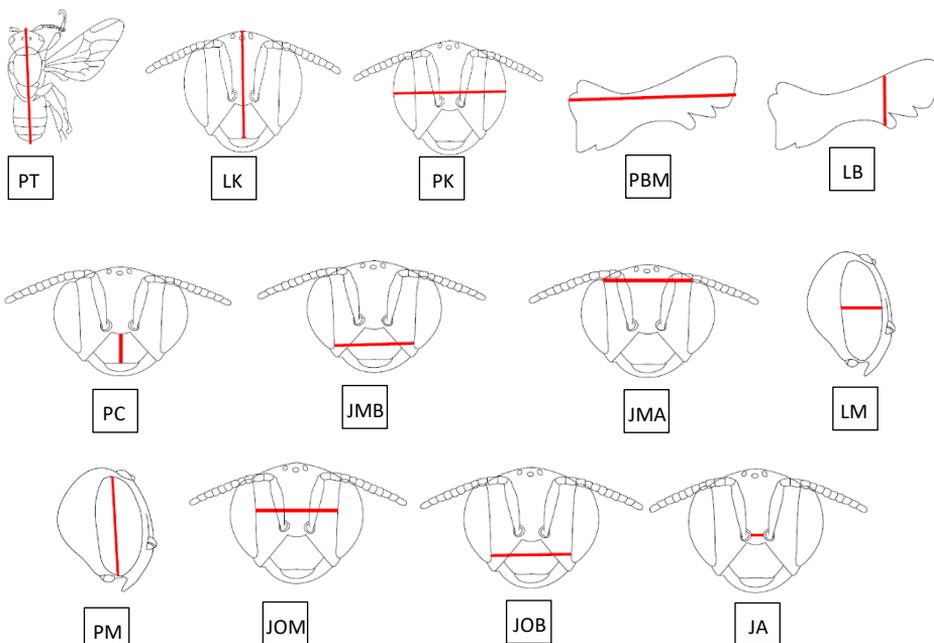
Pengukuran kondisi lingkungan terbagi atas data ketinggian lokasi, titik koordinat, suhu, kelembapan, intensitas cahaya, kecepatan angin dan curah hujan (*google earth engine*).

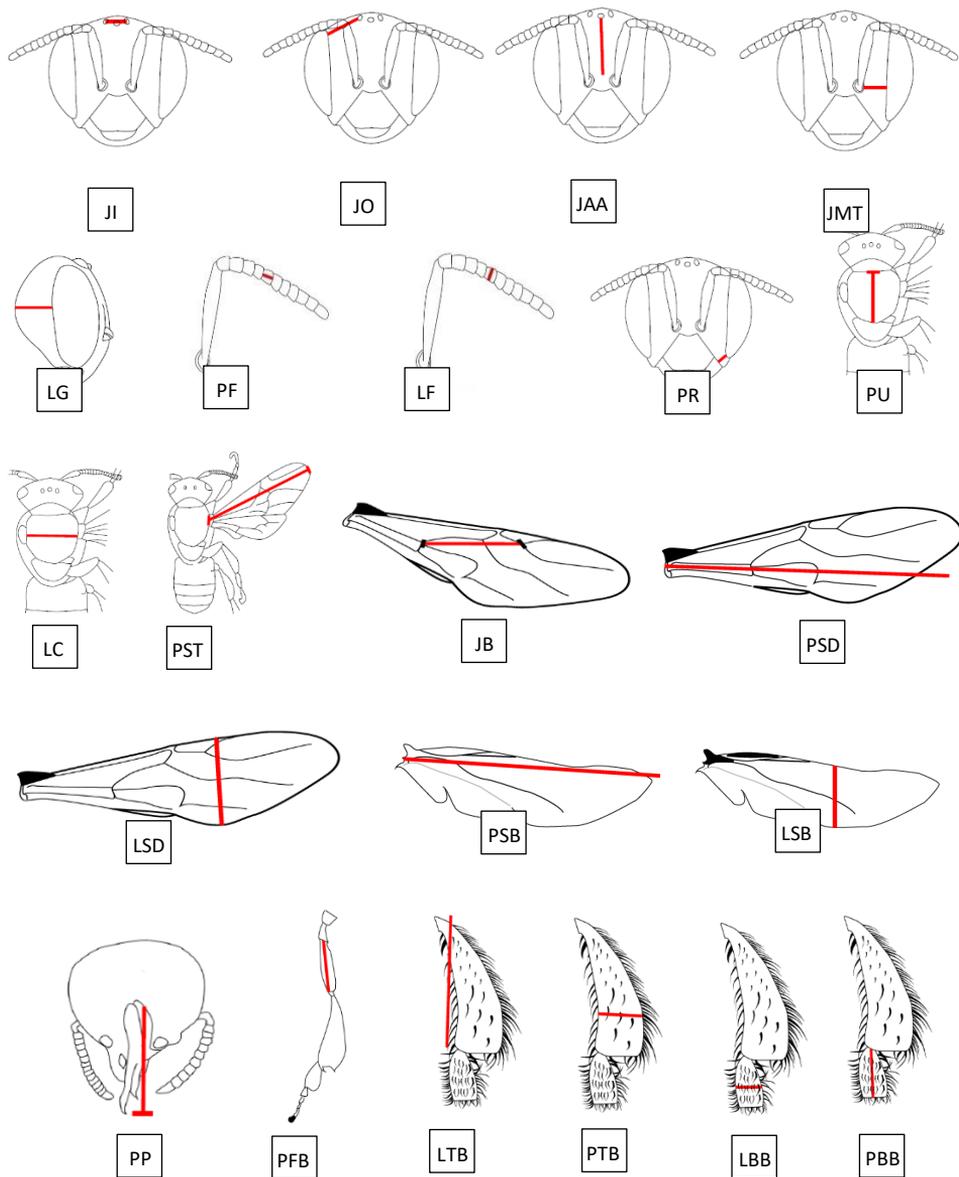
1. Data ketinggian lokasi dan titik koordinat diukur dengan menggunakan alat *global positioning system (gps)* pada area budidaya.
2. Data suhu dan kelembapan diukur dengan menggunakan *thermo hygrometer* pada area budidaya.
3. Data intensitas cahaya diukur dengan menggunakan *lux meter* pada area budidaya.
4. Data kecepatan angin diukur dengan menggunakan *anemometer* pada area budidaya.
5. Data curah hujan diperoleh dari database *google earth engine* tahun 2019 – 2023.

2.4 Pengukuran Morfometrik Lebah *T. biroi*

Prosedur pengukuran morfometrik lebah *T. biroi* dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat dan bahan dalam pengamatan.
2. Memisahkan bagian-bagian tubuh lebah menggunakan pinset dan scapel.
3. Melakukan pengukuran bagian-bagian tubuh lebah (Gambar 4) pada mikroskop stereo dengan sampel lebah sebanyak 10 individu perlokasi.
4. Mencatat hasil pengukuran dan mengambil dokumentasi bagian tubuh lebah.





Gambar 4. Bagian morfometrik lebah; panjang tubuh (PT); panjang kepala (PK); lebar kepala (LK); panjang mandibula (PBM); lebar mandibula (LB); panjang clypeus (PC); jarak antara mata bagian bawah (JMB); jarak antara mata bagian atas (JMA); lebar mata (LM); panjang mata (PM); jarak antara orbita maksimum (JOM); jarak antara orbita bawah (JOB); jarak antara antena (JA); jarak antara interocellar (JI); jarak antara ocellular (JO); jarak mata tunggal dengan antena (JAA); jarak mata majemuk dengan antena (JMT); lebar gena (LG); panjang flagelomer IV (PF); lebar flagelomer IV (LF); panjang malar (PR); panjang mesoskutum (PU); lebar mesoskutum (LC); panjang sayap depan sampai tegula (PST); jarak antara bifurkasi M-Cu (JB); panjang sayap depan (PSD); lebar sayap depan (LSD); panjang sayap

belakang (PSB); lebar sayap belakang (LSB); panjang probosis (PP); panjang femur belakang (PFB); lebar tibia belakang (LTB); panjang tibia belakang (PTB); lebar basitarsus belakang (LBB); panjang basitarsus belakang (PBB)

2.5 Pengamatan Polen pada Madu

Prosedur pengamatan jenis polen pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

1. Mengambil sampel madu pada setiap lokasi
2. Mengencerkan 1 ml madu dengan 1 ml *gliserin* dan *safranin* 1 ml
3. Mengaduk secara perlahan, kemudian mengambil sedikit cairan yang telah homogen untuk diletakkan pada objek glass
4. Mengamati dibawah mikroskop trinokuler dengan perbesaran 10x
5. Menghitung jenis polen yang ada pada pengamatan
6. Mengidentifikasi jenis tanaman berdasarkan jenis polen dan presentase jumlah polen berdasarkan rumus (1).

$$X = \frac{\sum A}{\sum B} \times 100\% \quad (1)$$

dimana:

X: persentase jumlah total polen dari satu spesies tanaman

A: jumlah butir polen dari satu spesies tanaman

B: jumlah total polen yang diamati dari semua spesies tanaman pada satu preparasi

2.6 Uji Kualitas Madu

Madu memiliki Standar Nasional Indonesia (SNI), dimana hal ini untuk menentukan kualitas madu yang dihasilkan dari lebah yang terbagi atas lebah hutan, lebah budidaya dan lebah tanpa sengat dengan 11 parameter uji laboratoris. Berikut beberapa parameter SNI 8664:2018, yang akan diuji yaitu kadar air, gula pereduksi, sukrosa, keasaman dan abu untuk melihat kualitas madu dari beberapa lokasi penelitian. Parameter SNI yang dituliskan adalah khusus untuk jenis lebah tanpa sengat. Ketentuan atau syarat yang telah ditentukan berdasarkan SNI 8664:2018 pada lebah tanpa sengat dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Syarat kualitas madu tanpa sengat berdasarkan SNI 8664:2018

No	Parameter	Satuan	SNI
1	Kadar air	% bb	Maksimal 27,5
2	Gula pereduksi	% bb	Minimal 55
3	Sukrosa	% bb	Maksimal 5
4	Keasaman	ml NaOH/kg	Maksimal 200
5	Abu	% bb	Maksimal 0,5

Prosedur pengambilan data uji laboratoris madu berdasarkan SNI: 8664:2018. Data yang akan diperoleh yaitu kadar air, kadar keasaman, gula pereduksi, sukrosa, dan kadar abu. Berikut langkah-langkah dalam pelaksanaan uji parameter tersebut.

2.6.1 Kadar Air

Pengujian kadar air pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Timbang cawan kosong menggunakan timbangan analitik dan dicatat hasilnya.
- 2) Homogenkan sampel madu.
- 3) Masukkan 0,5 g sampel madu kedalam cawan.
- 4) Timbang cawan yang telah dimasukkan sampel dan dicatat hasilnya.
- 5) Masukkan sampel kedalam oven dengan suhu 105°C.
- 6) Sampel di oven selama 1 jam.
- 7) Sampel yang telah dioven kemudian dimasukkan kedalam desikator selama 20 menit.
- 8) Sampel kemudian ditimbang dan dicatat hasilnya.
- 9) Setiap penimbangan sampel dihitung kadar susutnya dari sampel sebelumnya (contoh pemanasan pertama dikurang pemanasan kedua).
- 10) Jika hasil perhitungan belum memenuhi nilai konstan 0,001-0,005 g maka di oven kembali.
- 11) Melakukan langkah yang sama hingga berada pada rentang nilai konstan.
- 12) Setelah didapatkan hasil pada rentang nilai konstan maka dapat dihitung kadar air madu dengan rumus (2).

$$KA (\%) = \frac{W_1 - W}{W_1 - W_2} \times 100 \quad (2)$$

dimana:

KA: kadar air

W: berat cawan

W1: berat cawan + sampel

W2: bobot akhir setelah dioven

2.6.2 Gula Pereduksi

Pengujian gula pereduksi pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Gelas ukur dimasukkan kedalam timbangan analitik kemudian timbangan dikalibrasi.
- 2) Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur sebesar 1 g dan dicatat hasilnya.
- 3) Ditambahkan aquades sebanyak 100 ml pada sampel kemudian dihomogenkan.
- 4) Dicampurkan amonium hydrogen phosphate 10% sebanyak 15 ml dan homogenkan.
- 5) Sampel dituang ke dalam stup sampel 50 ml sebanyak 2 buah.

- 6) Kedua botol sampel dimasukkan ke dalam sentrifug selama 20 menit.
- 7) Botol sampel kemudian disaring ke dalam labu ukur dengan kertas lakmus.
- 8) Ditambahkan aquades hingga tercampur sebanyak 250 ml dan homogenkan.
- 9) Menyiapkan labu ukur untuk titrasi glukosa dan gelas ukur untuk titrasi blanko.
- 10) Cairan sukrosa dipipet sebanyak 10 ml, ditambah aquades 15 ml, dan cairan luff sebanyak 25 ml.
- 11) Untuk blanko dipipet sebanyak 25 ml aquades dan ditambah dengan cairan luff sebanyak 25 ml.
- 12) Kedua larutan tersebut kemudian dipanaskan menggunakan hotplate selama 15 menit.
- 13) Setelah dipanaskan kemudian didinginkan.
- 14) Setelah dingin kemudian ditambah cairan KI 30% sebanyak 15 ml dan H₂SO₄ 25% sebanyak 25 ml.
- 15) Titrasi cairan sampel dengan larutan natrium tio sulfat 0,1 N hingga akan berwarna putih susu, lalu ditetesi dengan cairan amilum 1% hingga tidak ada corak berwarna gelap (jika masih ada corak hitam maka titrasi tetap dilanjutkan hingga tidak ada corak hitam pada larutan).
- 16) Melakukan pembacaan volume titrasi pada buret dan catat hasilnya.
- 17) Untuk blanko dititrasi dengan cairan natrium tio sulfat hingga akan berwarna putih susu, kemudian ditetesi cairan amilum 1% hingga tidak bercorak gelap.
- 18) Melakukan pembacaan volume titrasi pada buret dan catat hasilnya.
- 19) Setelah titrasi semua selesai kemudian dihitung % glukosa dengan rumus (3), (4), dan (5).

$$V \text{ (mL)} = \frac{(Vb - Vs)}{0,1N} \times Nt \quad (3)$$

dimana:

V: volume tritrasi

Vb: volume titrasi blanko

Vs: volume titrasi sampel

Nt: normalitas natrium tio sukfat

$$G1 = Ls + Se \times Si \quad (4)$$

dimana:

G1: mg glukosa

Ls: tabel luff school

Se: selisih dengan sebelumnya dari tabel luff school

Si: sisa volume titrasi

$$G \text{ (%) } = \frac{G1 \times Vc \times Vp}{W \text{ (mg)}} \times 100 \quad (5)$$

dimana:

G: gula pereduksi

G1: mg glukosa

Vc: volume cairan

Vp: volume pemipetan 10 mL

W: bobot sampel

2.6.3 Sukrosa

Pengujian sukrosa pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Gelas ukur dimasukkan kedalam timbangan analitik kemudian dikalibrasi.
- 2) Sampel dimasukkan ke dalam gelas ukur sebesar 1 g dan dicatat hasilnya.
- 3) Ditambahkan aquades sebanyak 100 ml pada sampel dan homogenkan.
- 4) Campurkan amonium di-hydrogen phosphate 10% sebanyak 15 ml dan homogenkan.
- 5) Cairan sampel dituang ke dalam botol sampel 50 ml (2 sampel).
- 6) Kedua botol sampel dimasukkan ke dalam sentrifug selama 20 menit.
- 7) Botol sampel kemudian disaring ke dalam labu ukur (250 ml) dengan kertas lakmus.
- 8) Ditambahkan aquades hingga tercampur sebanyak 250 ml dan homogenkan.
- 9) Cairan di dalam labu ukur diambil sebanyak 50 ml dan dimasukkan ke dalam labu ukur (100 ml).
- 10) Ditambahkan 10 ml HCl 25% dan homogenkan.
- 11) Panaskan cairan tersebut kedalam air panas dengan suhu 60-70°C selama 10 menit.
- 12) Setelah pemanasan kemudian didinginkan.
- 13) Setelah dingin kemudian di cek dengan alat thermo untuk mencari pH netral.
- 14) Pada saat melihat pH netral diteteskan cairan NaOH 50% hingga didapatkan pH netral antara 5-7.
- 15) Cairan tersebut kemudian dituang kedalam labu ukur dan ditambahkan aquades hingga 100 ml.
- 16) Siapkan labu ukur untuk titrasi sukrosa dan gelas ukur untuk titasi blanko.
- 17) Cairan sukrosa dipipet sebanyak 10 ml, ditambah aquades 15 ml, dan cairan luff sebanyak 25 ml.
- 18) Pada blanko di pipet sebanyak 25 ml aquades dan ditambah dengan luff sebanyak 25 ml.
- 19) Kedua larutan tersebut kemudian dipanaskan menggunakan hotplate selama 15 menit.
- 20) Setelah dipanaskan kemudian didinginkan.
- 21) Setelah dingin kemudian dapat di titrasi dengan larutan Natrium Tio Sulfat 0,1 N hingga putih susu, lalu di tetesi dengan cairan amilum 1% hingga tidak ada corak

berwarna gelap (jika masih ada corak hitam maka titrasi tetap dilanjutkan hingga tidak ada corak hitam pada larutan).

- 22) Kemudian dilakukan pembacaan volume titrasi pada buret dan dicatat hasilnya.
- 23) Untuk blanko juga dititrasi dengan cairan natrium tio sulfat hingga putih susu, kemudian di teteskan cairan amilum 1% hingga tidak bercorak gelap.
- 24) Setelah itu dilakukan pembacaan volume titrasi pada buret dan catat hasilnya.
- 25) Setelah titrasi semua selesai kemudian dihitung % sukrosa dengan rumus (6), (7), (8), (9), (10), (11) dan (12).

#sebelum inversi

#setelah inversi sama dengan rumus sebelum inversi

$$V \text{ (mL)} = \frac{(Vb - Vs)}{0,1 N} \times Nt \quad (6)$$

dimana:

V: volume tritrasi

Vb: volume titrasi blanko

Vs: volume titrasi sampel

Nt: normalitas natrium tio sukfat

$$G1 = Ls + Se \times Si \quad (7)$$

dimana:

G1: mg glukosa

Ls: tabel luff school

Se: selisih dengan sebelumnya dari tabel luff school

Si: sisa volume titrasi

$$G \text{ (\%)} = \frac{G1 \times Vc \times Vp}{W \text{ (mg)}} \times 100 \quad (8)$$

dimana:

G: glukosa

G1: mg glukosa

Vc: volume cairan

Vp: volume pemipetan 10 mL

W: bobot sampel

$$V \text{ (mL)} = \frac{(Vb - Vs)}{0,1 N} \times Nt \quad (9)$$

dimana:

V: volume tritrasi

Vb: volume titrasi blanko

Vs: volume titrasi sampel

Nt: normalitas natrium tio sukfat

$$G \text{ (mg)} = Ls + Se \times Si \quad (10)$$

dimana:

G: glukosa

Ls: tabel luff school

Se: selisih dengan sebelumnya dari tabel luff school

Si: sisa volume titrasi

$$G1 \text{ (\%)} = \frac{G \times Vc \times Vp}{W \text{ (mg)}} \times 100 \quad (11)$$

dimana:

G1: glukosa

G: mg glukosa

Vc: volume cairan

Vp: volume pipetasi

W: bobot sampel

$$S \text{ (\%)} = 0,95 \times (G2 - G1) \quad (12)$$

dimana:

S: sukrosa

G1: gula sebelum inversi

G2: gula setelah inversi

2.6.4 Keasaman

Pengujian keasaman pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Homogenkan sampel madu.
- 2) Masukkan labu erlemeyer kedalam timbangan analitik dan dikalibrasi.
- 3) Masukkan sampel madu sebanyak 1 g ke dalam labu erlemeyer dan catat hasilnya.
- 4) Masukkan cairan aquades kedalam gelas ukur sebanyak 400 ml.
- 5) Cairan aquades kemudian dipanaskan pada hotplate selama 10 menit hingga mendidih untuk menghilangkan gas CO².
- 6) Cairan aquades kemudian didinginkan.
- 7) Masukkan cairan aquades kedalam labu erlemeyer yang berisi sampel sebanyak 100 ml dan homogenkan.
- 8) Masukkan sebanyak 5 tetes indikator PP dan homogenkan.
- 9) Titrasi dilakukan dengan cairan NaOH 0,1N.

- 10) Setelah cairan berwarna merah bata atau orans keunguan maka titrasi dihentikan.
- 11) Mencatat volume titrasi pada buret.
- 12) Setelah proses titrasi kemudian dihitung dengan rumus (13).

$$X \text{ (ml NaOH)} = \frac{V_t \times N}{F} \times 1000 \quad (13)$$

dimana:

X: keasaman

V_t: volume titrasi

N: normalitas NaOH

F: bobot sampel

2.6.5 Kadar Abu

Pengujian kadar abu pada madu dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

- 1) Timbang cawan kosong menggunakan timbangan analitik dan dicatat hasilnya.
- 2) Homogenkan sampel madu.
- 3) Masukkan 1 g sampel madu kedalam cawan.
- 4) Timbang cawan yang telah dimasukkan sampel dan dicatat hasilnya.
- 5) Masukkan sampel kedalam tanur dengan suhu 550°C.
- 6) Sampel di panaskan selama 3-4 jam.
- 7) Sampel yang telah dipanaskan kemudian didinginkan dan dimasukkan kedalam desikator selama 20 menit.
- 8) Sampel kemudian ditimbang dan catat hasilnya.
- 9) Setiap penimbangan sampel dihitung kadar susutnya dari sampel sebelumnya (contoh pemanasan pertama dikurang pemanasan kedua).
- 10) Jika hasil perhitungan belum memenuhi nilai konstan 0,001-0,005 g maka di oven kembali.
- 11) Melakukan langkah yang sama hingga berada pada rentang nilai konstan.
- 12) Setelah didapatkan hasil pada rentang nilai konstan maka dapat dihitung kadar abu madu dengan rumus (14).

$$KU \text{ (\%)} = \frac{W_1 - W}{W_1 - W_2} \times 100 \quad (14)$$

dimana:

KU: kadar abu

W: berat cawan

W₁: berat cawan + sampel

W₂: bobot akhir setelah dioven

2.7 Analisis Data

Data morfometrik lebah yang didapatkan akan di analisis menggunakan metode PCA (*Principal Component Analysis*) dengan XLSTAT untuk melihat variabel-variabel yang akan menjelaskan sebagian besar variabilitas dengan cara

menyederhanakan suatu data sehingga membentuk *principal component* (komponen utama). Hasil pengamatan morfologi lebah akan dianalisis secara deskriptif dengan menyajikan gambaran morfologi yang diamati. Data kualitas madu uji organoleptik akan dianalisis secara deskriptif untuk mendapatkan gambaran terkait bau khas dan rasa serta uji laboratoris akan disajikan dalam bentuk perbandingan dengan SNI: 8664:2018 dan diuji dengan ANOVA (*Analysis of Varians*) untuk melihat pengaruh ketinggian terhadap kualitas madu.