



Karakteristik Alat Pemanen Madu Tipe Isap dengan Variasi Tekanan Vakum

Characteristics of Suction Type Honey Harvesters Tool With Vacuum Pressure Variations

Agus Sutejo^{1*}, M. Alvandhi Al Khalidhi¹, Gilang Ramdani¹, Annastasha Diandra Putri¹

¹ Program Studi Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB University

*Corresponding Author: Agussu@apps.ipb.ac.id

Abstract. Honey harvesting is one of the main activities in beekeeping. The honey harvesting process plays a crucial role in ensuring the quality and quantity of the final product. This study aims to analyze the characteristics of suction-type honey harvesting with variations in vacuum pressure to determine the impact of pressure factors on the effectiveness of hive repair, the quality of the honey produced, and the speed of harvesting. The study was conducted from July to September 2024 at PT Daud Teknik Maju Pratama, Agribusiness and Technology Park IPB, and The Animal House, using two different pressures: -23.37 cmHg and -21.34 cmHg. Vacuum pressure honey harvesting proved to be effective as it could be performed quickly without damaging the honeycomb. On the other hand, the pressing method was less effective because it could damage the hive, resulting in a longer time required for bees to repair it. Harvesting 300 ml of honey using pressures of -9.2 cmHg and -8.4 cmHg took approximately 5.4 minutes and 6.72 minutes, respectively. The honey produced showed varying viscosity values, such as honey from *Trigona laeviceps* in hive 1 with a viscosity of 122.395 mPa.s, hive 5 with a viscosity of 99.645 mPa.s, hive 10 with a viscosity of 121.117 mPa.s, and honey from *Trigona itama* with a viscosity of 79.346 mPa.s.

Keywords: Effectiveness, Honey, Pressure Variation, Vacuum Pump, Viscosity.

1. Pendahuluan

Madu merupakan bahan makanan yang diproduksi dari sarang lebah dan dapat digunakan manusia sebagai agen pemanis tanpa adanya proses pengolahan (Gairola *et al.* 2013). Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2013, madu adalah cairan alami yang mempunyai rasa manis yang dihasilkan oleh lebah madu (*Apis sp.*) dari sari bunga tanaman (*flora nectar*) atau bagian lain dari

tanaman. Madu merupakan salah satu sumber makanan yang baik karena mengandung asam amino, karbohidrat, protein, vitamin serta mineral yang mudah diserap oleh sel-sel tubuh. Madu mengandung sejumlah mineral seperti magnesium, kalium, potasium, sodium, klorin, sulfur, besi, fosfat dan vitamin, seperti vitamin E, vitamin C, vitamin B1, vitamin B2, vitamin B6. Selain itu madu juga mengandung banyak manfaat dan khasiat yang terkandung di dalamnya (Putra *et al.* 2018). Madu memiliki manfaat seperti pemanis makanan, makanan fungsional, serta manfaat lainnya bagi kesehatan manusia seperti antioksidan, antibakteri, dan anti kanker (Kinoo *et al.* 2012). Madu juga memiliki dua jenis karbohidrat yang berbeda yaitu fruktosa dan glukosa sehingga madu diketahui dapat meningkatkan kebugaran tubuh jika dikonsumsi secara rutin. Tingkat kebugaran dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya jenis dan jumlah makanan yang dikonsumsi, dan jenis asupan makanan yang dikonsumsi (Septiani *et al.* 2022). Oleh karena itu, keseluruhan proses produksi menjadi hal yang sangat diperhatikan agar diperoleh produk yang berkualitas tinggi, salah satu proses yang terpenting adalah pemanenan.

Dalam industri perlebaran, proses pemanenan madu memainkan peranan penting dalam memastikan kualitas dan kuantitas produk akhir. Pemanenan madu merupakan salah satu kegiatan utama dalam budidaya lebah madu, dan efisiensi serta keberlanjutan proses ini berdampak signifikan terhadap produksi madu dan kesejahteraan koloni lebah madu. Proses pemanenan dilakukan ketika sarang sudah mulai penuh oleh madu dan *bee bread* (polen) atau ciri koloni yang siap panen ditandai dengan sikap lebahnya yang agresif dan menyerang. Umumnya pemanenan madu dan propolis dilakukan 1-4 kali setahun tergantung kondisi lingkungan, besar kecilnya stup, pakan, dan kesehatan koloni (Putra *et al.* 2021). Sejauh ini mekanisme pemanenan madu masih menggunakan cara tradisional, baik pada proses pemanenan sebagian maupun pemanenan total. Metode pemanenan tradisional sering kali memerlukan upaya fisik dan dapat merusak sarang, sehingga berdampak negatif terhadap kesehatan koloni dan produktivitas madu.

Salah satu metode yang kini banyak diterapkan adalah pemanen madu tipe isap, yang memanfaatkan tekanan vakum untuk ekstraksi madu dari sarang lebah. Metode ini menawarkan sejumlah keuntungan, seperti efisiensi waktu dan pengurangan kerusakan pada sarang lebah dibandingkan dengan metode tradisional. Dalam konteks ini, teknologi pompa vakum menawarkan potensi sebagai solusi inovatif untuk mengatasi beberapa tantangan tersebut. Pompa vakum adalah alat untuk mengeluarkan molekul-molekul gas dari dalam sebuah ruangan tertutup untuk mencapai tekanan vakum (Aznury *et al.* 2019). Pompa vakum memiliki kemampuan untuk menghasilkan tekanan negatif dan mengekstraksi cairan secara efisien, sehingga menghasilkan metode pengumpulan yang lebih bersih dan tidak terlalu invasif dibandingkan dengan metode pemerasan.

Namun, efektivitas metode pemanen madu tipe isap sangat dipengaruhi oleh variasi tekanan vakum yang diterapkan serta pengaturan udara pada selang isap. Jika tekanan vakum yang terlalu rendah maka madu tidak dapat terisap secara maksimal, dan jika tekanan vakum terlalu tinggi maka dapat menyebabkan kerusakan pada struktur sarang dan memengaruhi kualitas madu. Selain itu, pengaturan udara pada selang isap berperan penting dalam menjaga kestabilan proses ekstraksi serta dapat mencegah terjadinya kebocoran atau perubahan tekanan yang tidak diinginkan.

Penelitian tentang karakteristik pemanen madu tipe isap dengan variasi tekanan vakum dan udara selang isap penting dilakukan untuk menentukan kondisi maksimal guna meningkatkan efisiensi dan hasil panen. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan parameter terbaik yang memungkinkan pemanenan madu dilakukan dengan lebih efektif tanpa mengorbankan kualitas madu atau kesejahteraan lebah. Memahami hubungan antara tekanan vakum, pengaturan udara, dan proses pemanenan, diharapkan metode pemanenan ini dapat dimaksimalkan untuk memberikan manfaat maksimal bagi para peternak lebah serta konsumen madu.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2024 sampai September 2024. Pengambilan data dan pengujian alat dilaksanakan di PT Daud Teknik Maju Pratama, Agribusiness and Technology Park IPB, dan The Animal House di Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Manufaktur dan Otomasi, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Penelitian ini menggunakan beberapa alat yang diklasifikasikan berdasarkan tempat pengambilan data. Peralatan yang digunakan di PT Daud Teknik Maju Pratama tertera pada Tabel 1, sedangkan di *The Animal House* tertera pada Tabel 2.

Tabel 1. Peralatan penelitian yang digunakan di PT Daud Teknik Maju Pratama

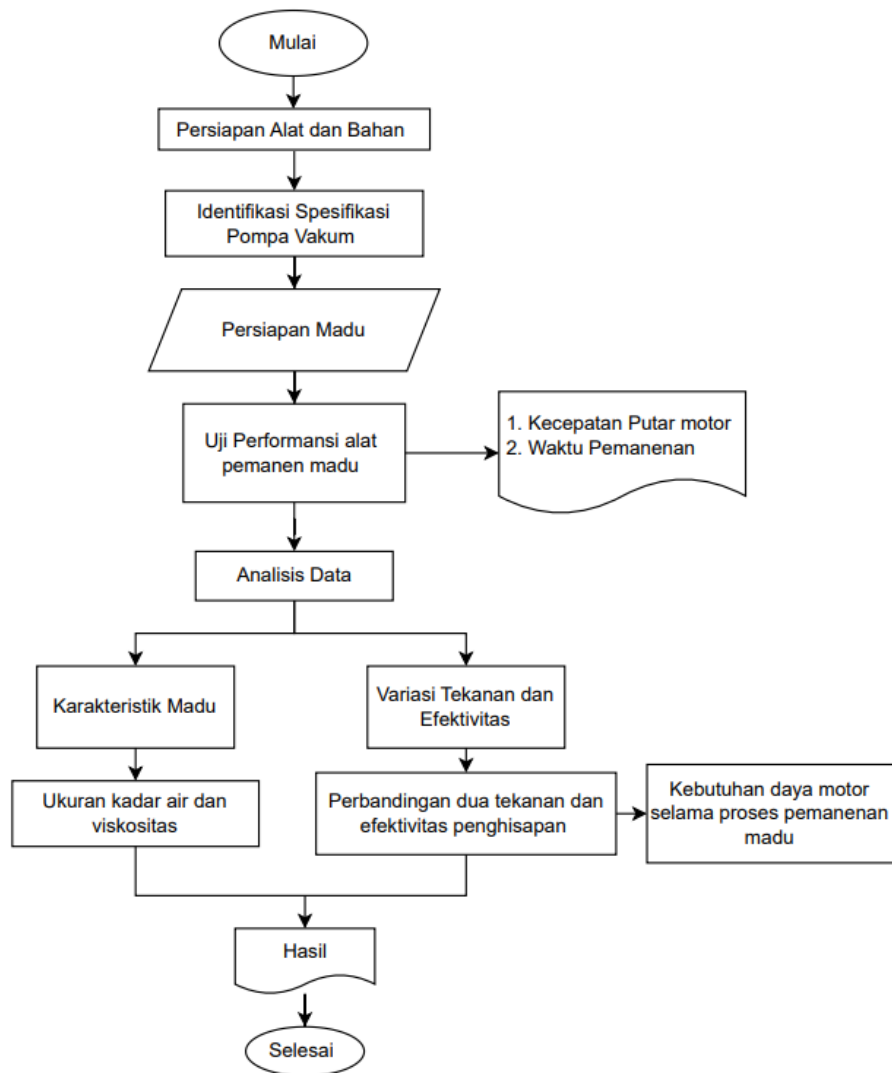
No	Nama	Fungsi
1	<i>Box</i> kontainer	Menutup ruangan penampungan madu sehingga ruangnya vakum akan udara
2	Kerangka besi	Menahan <i>box</i> agar tidak kempot pada saat melakukan pemanenan madu
3	Pompa vakum	Alat pengisapan
4	Multimeter	Mengukur tegangan dan arus pada motor listrik
5	Takometer	Mengukur kecepatan putar pada motor listrik
6	<i>Stopwatch</i>	Mengukur waktu selama proses pemanenan
7	Alat tulis, <i>Handphone</i> , dan laptop	Mencatat dan mengolah data hasil penelitian
8	<i>Pressure Gauge</i>	Mengukur tekanan vakum di dalam <i>box</i>
9	Las	Menyatukan besi
10	Pompa vakum (RS-0.5A)	Alat pengisapan

Tabel 2. Peralatan penelitian yang digunakan di *The Animal House*

No	Nama	Fungsi
1	Gelas <i>pyrex</i>	Tempat penampungan madu saat panen
2	Kabel rol gulung 6 m	Menghubungkan pompa vakum ke sumber energi
3	Botol madu 100 ml	Tempat penampungan madu setelah panen
4	<i>Hand refractometer</i>	Menghitung kadar air
5	<i>Gloves</i>	Melindungi tangan dari gigitan lebah
6	Viskometer ostwald	Mengukur kekentalan madu
7	Pipet <i>filler</i>	Memindahkan madu
8	Pinset steril	Membuka pot madu
9	Las	Menyatukan besi
10	Pompa vakum (RS-0.5A)	Alat pengisapan
11	Alat pemanenan madu	Memanen madu

2.1 Prosedur Penelitian

Secara garis besar tahapan penelitian ini terdiri atas pengambilan data kinerja alat pemanenan madu, pengambilan data karakteristik madu, dan pengolahan data. Prosedur kerja yang lebih rinci tertera pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir tahapan prosedur penelitian

2.1.1 Pendahuluan Penelitian

Tahapan awal terdiri persiapan alat dan bahan, identifikasi spesifikasi pompa vakum, dan persiapan madu. Persiapan alat dan bahan diperlukan untuk mengetahui alat dan bahan apa saja yang dibutuhkan. Identifikasi spesifikasi pompa vakum dilakukan untuk mengetahui spesifikasi pompa vakum yang digunakan sudah sesuai. Persiapan madu dilakukan agar bahan yang digunakan tersedia. Bahan madu yang digunakan untuk penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2 dan Gambar 3.

Gambar 2. Sampel A *Trigona laeviceps*



Gambar 3. Sampel B *Trigona itama*

2.1.2 Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan memulai persiapan alat dan bahan, pengecekan kondisi alat, serta identifikasi alat. Pengecekan kondisi alat meliputi pengecekan pada bagian *box*, tujuannya agar tidak ada kebocoran sehingga tidak ada udara yang keluar dan masuk. Identifikasi alat dilakukan dengan melakukan pengecekan spesifikasi pompa vakum. Pengambilan data bisa dilakukan ketika semua pengecekan dan identifikasi selesai.

Metode pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan melalui beberapa langkah sistematis yang dirancang untuk memperoleh informasi yang akurat dan relevan mengenai karakteristik pemanen madu tipe isap. Pertama, madu dipersiapkan agar madu yang diisap tercukupi untuk kebutuhan penelitian. Selanjutnya menguji performansi alat pemanenan madu dan didapatkan data kecepatan putar motor 1456 rpm dan waktu total yang didapatkan pada saat proses pemanenan yaitu 12,12 menit. Kecepatan putar motor diukur menggunakan *tachometer*, sedangkan waktu pemanenan dicatat dengan menggunakan *stopwatch* untuk menentukan efisiensi alat dalam proses pengambilan madu. Dua variasi tekanan yang digunakan pada penelitian ini yaitu -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg.

2.2 Analisis Data

Data yang telah didapatkan kemudian diolah untuk menentukan karakteristik madu, variasi tekanan, dan efektivitas perbaikan sarang.

2.2.1 Karakteristik Madu

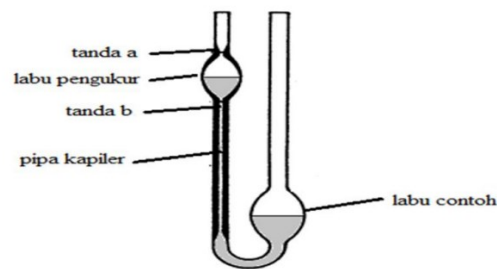
Kadar air madu diukur menggunakan refraktometer manual (*hand refractometer*). Sebelum sampel madu di teteskan ke *hand refractometer*, terlebih dahulu di kalibrasi agar datanya akurat. Selanjutnya sampel madu yang didapatkan ditetaskan diatas prisma refraktometer hingga prisma tertutup dengan sampel dan tidak ada gelembung udara di dalamnya.

Kekentalan madu dianalisis menggunakan viskometer ostwald. Viskometer Ostwald bekerja berdasarkan hukum *Poiseuille*, yang menyatakan bahwa waktu yang diperlukan cairan untuk mengalir melalui tabung kapiler tertentu berbanding lurus dengan viskositasnya. Dalam penggunaannya, madu akan dialirkan ke dalam viskometer ostwald dan kemudian diisap oleh pipet *filler* hingga mencapai batas atas. Pada viskometer ostwald penetapan viskositas dapat dilakukan dengan menggunakan metode ostwald. Cara menentukannya dapat dilakukan dengan mengukur waktu yang diperlukan suatu cairan yang mengalir di dalam pipa kapiler dari titik a ke titik b (Meliana *et al.* 2022). Untuk mendapatkan nilai viskositas menggunakan viskometer ostwald sudah dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1):

$$\mu_{cu} = \frac{t_{cu} \times \rho_{cu}}{t_{air} \times \rho_{air}} \times \mu_{air} \quad (1)$$

dimana μ_{cu} adalah viskositas cairan, t_{cu} adalah waktu cairan uji, ρ_{cu} adalah massa jenis cairan uji, μ_{air} adalah viskositas (0,8904 mPa.s) atau (0,0008904 Pas), t_{air} adalah waktu air (0,64 s), ρ_{air} adalah massa jenis air (996,02 kg/m³).

Viskometer ostwald yang digunakan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Viskometer Ostwald (Meliana *et al.* 2022)

2.2.2 Variasi Tekanan dan Efektivitas Perbaikan Sarang

Variasi tekanan dilakukan dengan cara membandingkan dua variasi tekanan yang berbeda yaitu -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg. Dua variasi tekanan ini digunakan karena tekanan tersebut masih dalam batas normal. Tekanan tersebut sangat efektif jika digunakan pada saat pengisapan karena tekanan mampu mendapatkan madu tanpa merusak sarang dan kualitas dari madu tersebut. Data dari tekanan didapatkan dengan menggunakan alat *pressure gauge*.

Efektivitas perbaikan sarang sudah diukur dengan menghitung perbandingan antara jumlah pot madu yang sudah diperbaiki dengan jumlah total pot madu. Perhitungan efektivitas ini sudah dilakukan sehingga didapatkan metode yang lebih efisien, praktis, dan meningkatkan kualitas hasil panen madu. Untuk mendapatkan nilai efektivitas perbaikan sarang dapat menggunakan Persamaan (2):

$$\text{Efektivitas} = \frac{(\text{Jumlah pot yang diperbaiki})}{(\text{Jumlah total pot})} \times 100\% \quad (2)$$

2.2.3 Kebutuhan Energi Listrik

Kebutuhan energi pompa vakum ini bisa ditentukan berdasarkan kebutuhan daya motor listriknya. Motor listrik yang digunakan pada pompa vakum ini menggunakan motor listrik 1 fasa. Pengukuran daya motor 1 fasa dapat dilakukan dengan menggunakan Persamaan (3).

$$P = V \times I \times \cos \varphi \quad (3)$$

dimana P adalah daya aktif (watt), V adalah tegangan (volt), I adalah arus listrik (Ampere), $\cos \varphi$ adalah faktor daya.

Selanjutnya, untuk mendapatkan kebutuhan energi pada alat pemanenan madu dapat menggunakan Persamaan (4):

$$W = P_{tot} \times t \quad (4)$$

dimana W adalah energi listrik (kWh), P_{tot} adalah daya total motor listrik (kW), dan t adalah waktu kerja (h).

Penentuan nilai total biaya pengeluaran kebutuhan yang digunakan pada saat pemanenan yaitu dengan menggunakan Persamaan (5):

$$TBL = W \times TL \quad (5)$$

dimana TBL adalah total biaya listrik (Rp), W adalah energi listrik (kWh), dan TL adalah tarif listrik (Rp/kWh).

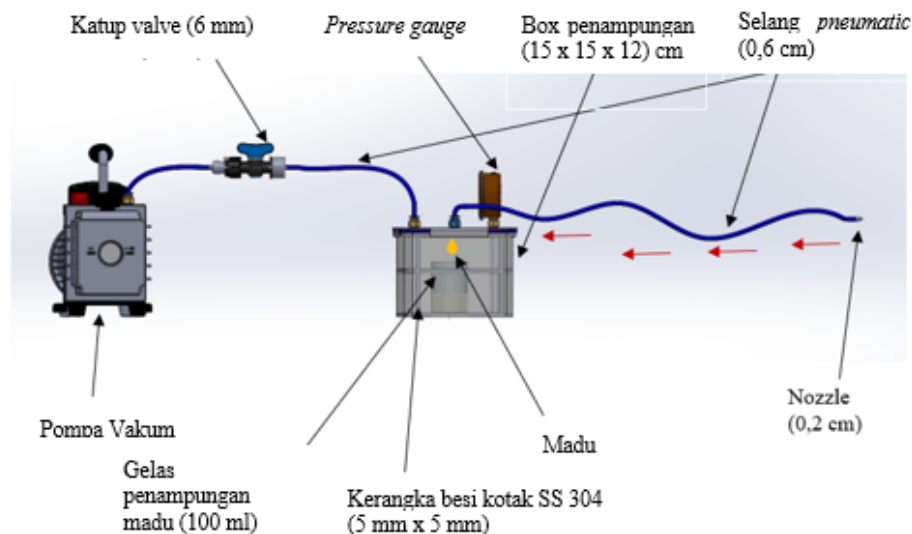
3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Tampilan dan Prinsip Kerja Alat

Alat pemanen madu menggunakan sistem isap merupakan salah satu inovasi teknologi dalam bidang pertanian, khususnya dalam peternakan lebah. Prinsip kerja alat ini berfokus pada pengambilan madu dari sarang lebah tanpa harus mengganggu atau merusak struktur sarang lebah secara signifikan sehingga dapat meminimalkan stres pada koloni lebah dan meningkatkan efisiensi dalam pemanenan madu. Alat pemanen madu ini mengandalkan prinsip dasar isapan dengan bantuan pompa vakum. Pompa vakum sendiri berfungsi untuk menarik madu dari sel-sel sarang lebah, sehingga dapat dipanen dengan lebih mudah dan cepat. Tampilan dan prinsip kerja alat tersebut terdapat pada Gambar 5 dan Gambar 6.



Gambar 5. Tampilan alat pemanenan madu



Gambar 6. Cara kerja alat pemanenan madu

Proses kerja alat ini dimulai dengan memasukkan selang isap yang telah dipasangkan *nozzle* yang memiliki diameter ujung 0,2 cm. *Nozzle* berukuran 0,2 cm ini digunakan agar pada saat pemanenan madu, pot madu hanya di buka sedikit sehingga *nozzle* dapat masuk ke dalam pot madu. Sarang lebah yang sudah dipenuhi madu akan dibersihkan terlebih dahulu dari kotoran atau sisa-sisa makanan lebah untuk memastikan kualitas madu yang dihasilkan tetap baik. Setelah selang isap terpasang, pompa vakum akan diaktifkan. Pompa vakum tersebut merupakan pompa yang dapat menghasilkan tekanan negatif di dalam selang. Tekanan negatif ini akan menarik madu yang berada di dalam sel-sel sarang lebah menuju gelas penampung madu.

Prinsip kerja isap pada alat pemanen madu memanfaatkan perbedaan tekanan antara bagian dalam sel-sel sarang lebah dengan *box* penampung. Sel-sel sarang yang telah terisi madu akan kehilangan tekanan positif yang ada di dalamnya ketika pompa vakum diaktifkan, sehingga madu akan mengalir ke dalam selang dan akhirnya ditampung di gelas penampung. Alat ini juga dilengkapi dengan kerangka besi yang berfungsi untuk menahan *box* agar *box* tersebut tidak penyok saat tekanan di dalam *box* lebih rendah dari tekanan atmosfer.

Keunggulan dari penggunaan sistem isap ini adalah kemampuan untuk memanen madu dengan lebih efisien dan tanpa merusak struktur sarang lebah. Penggunaan alat ini mengurangi kebutuhan untuk merusak sarang lebah atau menggunakan metode tradisional yang memerlukan waktu dan tenaga lebih banyak. Selain itu, alat ini juga mengurangi gangguan pada koloni lebah, sehingga tingkat stres pada lebah dapat diminimalkan. Dengan demikian, keberlanjutan koloni lebah dapat terjaga dengan baik.

3.2 Karakteristik Madu

Madu yang dihasilkan oleh lebah *Trigona* mempunyai sifat fisik dan kimia yang unik dibandingkan dengan madu yang dihasilkan dari lebah penyengat. Karakteristik tersebut dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain jenis tanaman yang menjadi sumber nektar, lingkungan geografis, serta kondisi iklim dan cuaca. Madu yang dihasilkan dari lebah *Trigona* mempunyai karakteristik berwarna coklat muda. Madu ini juga memiliki kadar air yang sangat tinggi, sehingga madu yang dihasilkan bertekstur lebih cair.

3.2.1 Persentase Kadar Air

Kadar air pada madu merupakan komponen yang diukur pertama kali untuk menentukan kualitas madu. Madu yang baik memiliki kadar air yang cukup rendah, atau maksimal 22 % berdasarkan SNI (2013). Kadar air madu yang rendah dapat menghambat aktivitas mikroba serta menurunkan laju fermentasi alami pada madu (Yap *et al.* 2019). Chayati (2008) menyatakan penurunan kadar air madu meningkatkan persentase nutrisi lain yang terkandung dalam madu. Hasil penelitian kadar air madu disajikan pada Tabel 3.

Tabel 1. Persentase kadar air pada lebah *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama*

No	Jenis Lebah	Persentase kadar air	Koloni yang digunakan
1	<i>Trigona laeviceps</i>	26,80%	Koloni pada kandang 1
2	<i>Trigona laeviceps</i>	31,08%	Koloni pada kandang 5
3	<i>Trigona laeviceps</i>	27,80%	Koloni pada kandang 10
4	<i>Trigona itama</i>	27,40%	Koloni pada kandang 1

Secara umum kadar air pada madu dipengaruhi oleh faktor-faktor lingkungan seperti cuaca dan kelembaban di dalam sarang, kondisi nektar, proses pemanenan, serta penyimpanan (Gariola *et al.* 2013). Dari hasil penelitian pada Tabel 3 menunjukkan bahwasanya madu *Trigona laeviceps* maupun madu *Trigona itama* keduanya belum memenuhi standar yang diberlakukan oleh SNI (2013). Tingginya kadar air pada kedua madu tersebut juga dapat disebabkan oleh tempat penyimpanan madu. Kurang rapatnya wadah penyimpanan akan menyebabkan madu menyerap air dari lingkungan sehingga mengakibatkan kadar air meningkat. Kadar air paling tinggi yang dihasilkan oleh lebah *Trigona laeviceps* terdapat pada kandang 5 yaitu 31,08%, itu disebabkan karena perbedaan kelembapan di setiap sarang serta aktivitas lebah pada sarang tersebut lebih bervariasi.

Koloni yang digunakan dari lebah *Trigona itama* hanya koloni kandang 1 saja, karena pada saat pemanenan dilakukan didapatkan madu yang cukup untuk pengambilan data sehingga tidak membutuhkan koloni pada kandang yang lain. Pada saat pemanenan pada lebah *Trigona itama* dilakukan didapatkan nilai persentase kadar air yang sangat tinggi yaitu dengan nilai persentasenya sekitar 27,40%. Salah satu penyebab kadar air yang sangat tinggi ini yaitu posisi sel dalam sarang. Posisi sel-sel di bagian tengah sarang biasanya mendapatkan perlakuan yang lebih intensif oleh koloni lebah jika dibandingkan dengan sel-sel yang berada di pinggir. Sehingga kadar air pada sel-sel di bagian tengah sarang cenderung lebih rendah dibandingkan dengan sel-sel di pinggir. Hal ini disebabkan oleh aktivitas koloni lebah yang lebih intens di bagian tengah sarang, seperti pengaturan suhu dan kelembaban yang memungkinkan proses penguapan air berlangsung lebih efektif. Sebaliknya, sel-sel di pinggir sarang biasanya kurang mendapatkan perlakuan tersebut, sehingga kadar airnya cenderung lebih tinggi.

Kadar air yang dihasilkan oleh kedua jenis lebah tersebut sangat tinggi. Kadar air yang tinggi ini dapat disebabkan oleh jenis lebah yang dibudidayakan, yaitu lebah tanpa sengat (*Stingless bee*). Hal ini berkorelasi dengan hasil penelitian Souza *et al.* (2017), bahwa dibandingkan dengan madu *Apis mellifera*, madu dari lebah tanpa sengat memiliki nilai kadar air yang lebih tinggi. Kadar air yang tinggi dapat berpengaruh pada kecepatan pemanenan. Jika kadar air tinggi maka kecepatan pemanenan sangat tinggi, sedangkan kadar air rendah maka kecepatan pemanenan juga rendah.

3.2.2 Viskositas

Viskositas atau kekentalan adalah suatu hambatan yang menahan zat cair, yang disebabkan oleh gerakan berpindah dari suatu lapisan ke lapisan lain dalam zat cair dan gerakan- gerakan tersebut menghasilkan hambatan (Aprilyani 2020). Nilai viskositas madu yang baik sekitar 10 poise atau 1000 mPa.s berdasarkan SNI (2018). Viskositas madu merupakan salah satu parameter penting yang menggambarkan ketahanan madu terhadap aliran atau pergerakan. Nilai viskositas pada madu dapat dipengaruhi oleh kadar air dan suhu. Madu dengan kadar air tinggi mengalir dengan kecepatan lebih tinggi dibandingkan dengan yang lebih rendah. Komposisi madu umumnya memiliki pengaruh yang kecil terhadap viskositas madu. Madu yang diproduksi oleh lebah *Leaviceps* dan *Itama*, dapat menunjukkan perbedaan dalam nilai viskositas. Perbedaan nilai viskositas pada kedua jenis lebah tersebut terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Pengujian viskositas pada madu *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama*

No	Jenis Madu	Nilai Viskositas (mPa.s)	Koloni yang digunakan
1	<i>Trigona laeviceps</i>	122,395	Koloni pada kandang 1
2	<i>Trigona laeviceps</i>	99,645	Koloni pada kandang 5
3	<i>Trigona laeviceps</i>	121,117	Koloni pada kandang 10
4	<i>Trigona itama</i>	79,346	Koloni pada kandang 1

Berdasarkan data di atas, nilai viskositas madu yang didapat dari lebah *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama* yang dipanen dari koloni pada berbagai kandang memiliki nilai viskositas yang berbeda. Nilai tersebut dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kandungan air, komposisi gula, sumber nektar, dan suhu. Kadar air merupakan faktor utama, di mana madu dengan kadar air tinggi lebih encer, sedangkan kadar air rendah membuatnya lebih kental.

Tabel 4 menunjukkan bahwa pada jenis lebah *Trigona laeviceps* memiliki nilai viskositas yang bervariasi, seperti pada kandang 1 memiliki nilai viskositas 122,395 mPa.s, kandang 5 memiliki nilai viskositas 99,645 mPa.s, dan pada kandang 10 memiliki nilai viskositas 121,117 mPa.s. Variasi ini terjadi karena disebabkan oleh perbedaan faktor lingkungan di setiap kandang, seperti suhu, kelembapan, serta ketersediaan sumber makanan. Di sisi lain, madu dari *Trigona itama* yang dihasilkan di kandang 1 memiliki viskositas sebesar 79,346 mPa.s, yang lebih rendah dibandingkan nilai viskositas dari *Trigona laeviceps*. Perbedaan ini dipengaruhi oleh spesies lebah yang memiliki pola produksi dan komposisi madu yang berbeda.

Proses pemanen madu menggunakan sistem isap dengan pompa vakum sangat dipengaruhi oleh nilai viskositasnya. Madu dengan nilai viskositas yang tinggi, seperti pada madu *Trigona laeviceps* dari kandang 1, memerlukan tenaga isap yang lebih besar karena fluida lebih kental dan cenderung bergerak lebih lambat melalui sistem isap. Sebaliknya, madu dengan viskositas lebih rendah, seperti yang dihasilkan oleh *Trigona itama*, lebih mudah diisap karena memiliki tingkat kelancaran yang lebih baik.

Dalam pengaplikasian sistem pemanenan madu dengan pompa vakum, penting untuk menyesuaikan kekuatan isap pada pompa agar proses pemanenan dapat berjalan dengan maksimal. Pompa vakum yang memiliki kecepatan putar yang terlalu tinggi dapat menciptakan tekanan yang tinggi pula sehingga dapat menyebabkan sarang menjadi rusak, kualitas madu buruk, bahkan madu dapat teroksidasi. Sedangkan pompa yang terlalu lemah tidak dapat mengalirkan madu yang memiliki viskositas tinggi dengan efisien.

3.3 Variasi Tekanan dan Efektivitas

Pemanenan madu menggunakan pompa vakum merupakan inovasi yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan menjaga kualitas madu. Dalam penelitian ini, dilakukan eksperimen

dengan dua variasi tekanan vakum, yaitu tekanan rendah dan tekanan sedang.

3.3.1 Variasi Tekanan pada Koloni *Trigona Leaviceps* dan *Trigona Itama*

Pengambilan data pada penelitian ini, dilakukan analisis terhadap variasi tekanan vakum saat pengisapan pada koloni *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama*. Lebah ini merupakan jenis lebah madu tanpa sengat yang dikenal dengan perilaku sosialnya yang unik. Pengisapan adalah proses yang penting dalam pemanenan madu dan pengambilan sumber daya lainnya dari lingkungan mereka. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi bagaimana variasi tekanan vakum dapat memengaruhi efisiensi pengisapan madu pada koloni *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama*. Tekanan yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Tabel 2. Hasil variasi tekanan vakum pada koloni *Trigona laeviceps*

Tekanan vakum	Percobaan	Kandang	Waktu pemanenan (Menit)	Jumlah madu yang dipanen (ml)
-23,37 cmHg	1	1	01.05,97	50
	2	1	00.45,43	50
	3	1	00.42,37	50
	Rata-rata		00.52,59	50
	Standar deviasi		00.12,83	
-21,34 cmHg	1	5	01.19,27	50
	2	5	01.04,14	50
	3	10	00.52,14	50
	Rata-rata		01.05,15	50
	Standar deviasi		00.13,60	

Tabel 3 Hasil variasi tekanan vakum pada koloni *Trigona itama*

Tekanan vakum	Percobaan	Kandang	Waktu pemanenan (Menit)	Jumlah madu yang dipanen (ml)
-23,37 cmHg	1	1	01.04,13	50
	2	1	00.52,97	50
	3	1	00.50,83	50
	Rata-rata		00.55,97	50
	Standar deviasi		00.07,14	
-21,34 cmHg	1	1	01.16,07	50
	2	1	01.07,13	50
	3	1	01.05,37	50
	Rata-rata		01.09,52	50
	Standar deviasi		00.05,74	

Berdasarkan data tersebut, didapatkan bahwasanya variasi tekanan berada di sekitar -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg. Perbedaan tekanan tersebut didapatkan karena adanya *valve*. *Valve* sendiri berfungsi untuk mengontrol aliran fluida dari selang sehingga variasi tekanan bisa di dapatkan.

Data pada Tabel 5 dan Tabel 6 didapatkan pada saat proses pemanenan madu dengan sistem pengisapan. Tekanan vakum pada proses pemanenan madu menggunakan pompa vakum berkisar antara -21,34 cmHg hingga -23,37 cmHg masih tergolong dalam rentang yang normal. Dalam proses pemanenan ini, didapatkan bahwasanya semakin besar nilai tekanan negatif, maka semakin besar pula kemampuan vakum dalam menarik cairan madu. Tekanan vakum -23,37 cmHg dan -

21,34 cmHg cukup efektif untuk mengisap madu dari sarang sehingga pot madu yang berada di dalam sarang akan terlindungi dari kerusakan yang berlebihan serta juga tidak merusak kualitas madu itu sendiri.

Akan tetapi jika tekanan vakum yang terlalu tinggi dapat menyebabkan struktur sarang madu menjadi rusak, menghancurkan sel-sel lilin yang seharusnya tetap utuh, dan dapat mengurangi potensi madu untuk dipanen dengan cara yang baik. Sedangkan jika tekanan vakum terlalu rendah maka proses pengambilan madu akan menjadi tidak efisien. Tekanan vakum yang rendah tidak cukup kuat untuk menarik madu dari sel-sel sarang, sehingga madu sulit untuk terisap dengan lancar. Secara keseluruhan, tekanan vakum yang rendah akan mengurangi efisiensi dan hasil panen madu, serta memengaruhi kualitas produk akhir. Oleh karena itu, tekanan vakum -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg ideal untuk memastikan pengambilan madu yang efisien dan menjaga kualitasnya.

Berdasarkan data di atas, dapat diketahui bahwasanya tekanan dengan nilai -23,37 cmHg memiliki waktu pemanenan yang lebih cepat jika dibandingkan dengan tekanan -21,34 cmHg. Hal tersebut dapat disebabkan oleh perbedaan besar tekanan yang tercipta dalam sistem. Tekanan vakum -23,37 cmHg merupakan tekanan yang lebih rendah sehingga dapat menciptakan perbedaan tekanan yang lebih besar antara ruang kosong di dalam pompa dan lingkungan luar. Hal ini menyebabkan madu lebih mudah ditarik atau disedot ke dalam sistem. Dengan kata lain, pada tekanan vakum yang lebih rendah, daya isap pompa lebih kuat, sehingga proses pemindahan madu menjadi lebih cepat. Sebaliknya, pada tekanan -21,34 cmHg, daya isap yang lebih lemah menyebabkan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai jumlah madu yang sama menjadi lebih lama.

3.3.2 Menentukan Nilai T Tabel Dari Dua Variasi Tekanan

Berdasarkan hasil analisis statistik pada Tabel 7, penelitian ini menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara waktu pemanenan pada tekanan -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg. Pengujian ini didasarkan pada hipotesis yang menyatakan bahwa variasi tekanan berpengaruh terhadap waktu pemanenan dan efektivitas perbaikan sarang. Namun, hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai t yang diperoleh sebesar -1,17 lebih kecil dari nilai t kritis 4,303 pada derajat kebebasan (df) sebesar 2 dengan tingkat signifikansi 5% ($\alpha=0,05$).

Tabel 4. Tabel t (untuk uji dua sampel independen)

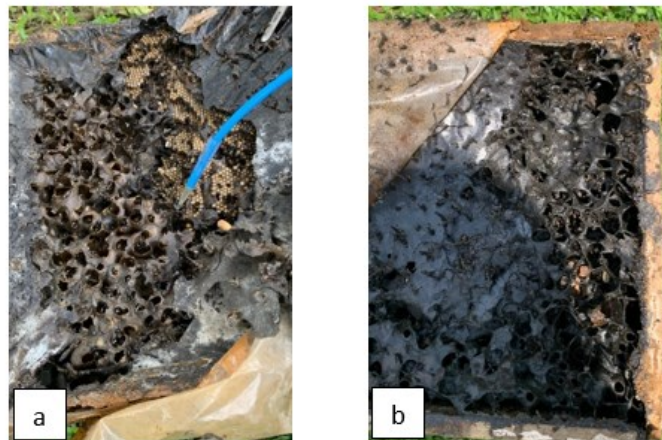
df	t Kritis (<i>two-tailed</i> , $\alpha=0,05$)
2	4,303

Secara statistik, hasil ini mengindikasikan bahwa perbedaan tekanan yang diberikan tidak mempengaruhi waktu pemanenan secara signifikan. Waktu pemanenan rata-rata pada tekanan -23,37 cmHg adalah 52,59 detik dengan standar deviasi 12,83 detik, sedangkan pada tekanan -21,34 cmHg, waktu pemanenan rata-rata adalah 65,15 detik dengan standar deviasi 13,60 detik. Meskipun terdapat selisih rata-rata waktu pemanenan antara kedua tekanan tersebut, variasi ini tidak cukup besar untuk dinyatakan berbeda secara signifikan.

3.3.3 Efektivitas Perbaikan Sarang Madu Dengan Menggunakan Vakum

Pemanenan madu dengan menggunakan pompa vakum merupakan salah satu metode yang efektif dalam dunia perlebah. Metode ini digunakan dengan cara memanfaatkan tekanan vakum sehingga pemanenan madu dapat dilakukan tanpa merusak struktur sarang lebah. Dengan demikian, koloni lebah dapat dengan cepat memulihkan sarang mereka. Pemanenan dengan pompa vakum cenderung mengurangi stres pada koloni lebah karena prosesnya berlangsung lebih cepat dan minim gangguan fisik terhadap sarang. Kondisi sarang lebah saat pemanenan dengan pompa

vakum terdapat pada Gambar 7.



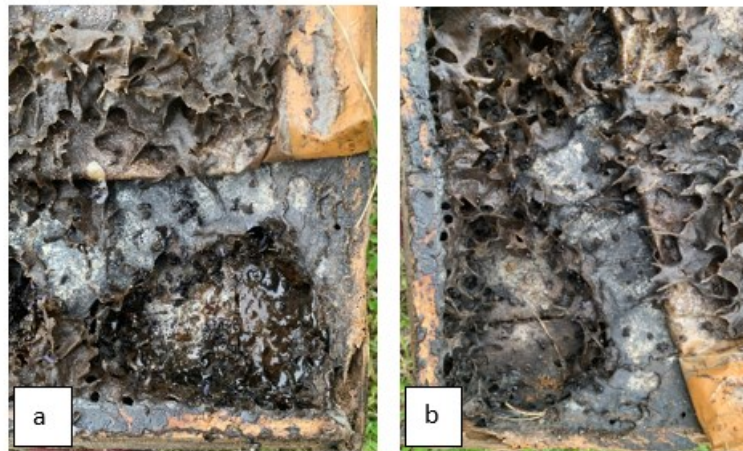
Gambar 7. (a) Kondisi sarang saat panen dengan pompa vakum (b) Kondisi sarang setelah 1 minggu panen dengan pompa vakum

Pada Gambar 7 terlihat perbedaan yang jelas saat dilakukan pemanenan dengan menggunakan pompa vakum. Pada saat pemanenan dengan menggunakan alat vakum, persentase kondisi perbaikan sarang setelah di panen selama 1 minggu mencapai sekitar 70,89%, itu diakibatkan pada saat pemanenan sarang tidak dirusak dan hanya dibuka sedikit dengan menggunakan pinset steril. Tujuan dari pembukaan sarang tersebut agar nozel dapat mengisap madu yang berada di dalam pot madu tersebut.

Namun, dalam penerapannya, alat pemanen madu dengan sistem isap juga memerlukan perhatian terhadap beberapa faktor penting. Salah satunya adalah pengaturan tekanan vakum yang tepat, karena tekanan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kerusakan pada sarang atau bahkan menyebabkan lebah mati, sedangkan tekanan yang terlalu rendah dapat mengurangi efisiensi proses pemanenan.

3.3.4 Efektivitas Perbaikan Sarang Madu Dengan Cara Manual

Perbaikan sarang madu oleh koloni lebah merupakan proses penting untuk menjaga keberlangsungan ekosistem koloni dan produksi madu. Metode ini sering digunakan oleh peternak lebah tradisional, di mana sarang madu diperas untuk mengambil madu, tetapi struktur sarang sering kali hancur total. Kerusakan ini memengaruhi kemampuan lebah untuk segera melanjutkan aktivitasnya, termasuk produksi madu, penyimpanan polen, dan perlindungan koloni. Adapun kondisi sarang lebah saat pemanenan dengan cara diperas terdapat pada Gambar 8.



Gambar 8. (a) Kondisi sarang saat panen dengan cara diperas (b) Kondisi sarang setelah 1 minggu panen dengan cara diperas

Hasil penelitian pada gambar di atas (Gambar 8) menunjukkan bahwa struktur fisik sarang sudah sangat rusak dan membutuhkan waktu yang sangat lama bagi lebah untuk memperbaiki sarangnya. Kerusakan ini mengharuskan lebah untuk memprioritaskan perbaikan sarang sebelum melanjutkan aktivitas lain seperti produksi madu atau pembesaran koloni. Tingkat efektivitas lebah dalam memperbaiki sarangnya dalam waktu satu minggu setelah panen adalah sekitar 9,09%. Tingkat perbaikan sarang di koloni ini sangat rendah sehingga tidak efektif jika dilakukan pemanenan dengan cara diperas. Hal ini dikarenakan sarangnya rusak parah saat pengumpulan madu dan membutuhkan waktu yang sangat lama untuk memulihkan sarangnya.

Trigona itama merupakan salah satu lebah yang proses perbaikan sarangnya lama karena lebah *Trigona* membutuhkan waktu sekitar 1,5 bulan untuk mulai memproduksi pot madu (Wahyuningsih *et al.* 2020). Selain itu, mereka juga mengandalkan sekresi resin dan lilin yang dipadukan dengan bahan dari lingkungan sekitar, seperti getah pohon. Proses pengumpulan bahan-bahan ini membutuhkan waktu yang tidak singkat, terutama jika sumber daya di lingkungan terbatas. Selain itu, lebah harus memastikan bahwa sarang yang akan diperbaiki memiliki kekuatan dan ketahanan yang cukup kuat untuk melindungi koloni dari predator di sekitarnya.

Dampak signifikan yang dilakukan pemanenan saat pemanenan dengan pemerasan yaitu menyebabkan produktivitas koloni secara keseluruhan menurun, karena koloni lebih banyak mengalokasikan sumber daya untuk rekonstruksi sarang dibandingkan untuk pengumpulan nektar.

3.4 Kebutuhan Energi Pompa

Daya yang dihasilkan dari alat pemanenan madu ini diperoleh melalui pengukuran tegangan dan arus. Alat tersebut menggunakan satu motor penggerak yaitu dengan menggunakan motor 1 fasa. Kecepatan putar pompa vakum yang dihasilkan yaitu 1456 rpm. Data kebutuhan daya motor 1 fasa tersaji dalam Tabel 8.

Tabel 5. Kebutuhan daya motor 1 fasa pada alat pemanenan madu

Alat	Tegangan (V)	Ampere (A)	Daya (W)
Alat pemanenan madu	220	1,2	224,4

Berdasarkan data tersebut, diketahui kebutuhan daya total pada alat pemanenan madu tipe isap yaitu 224,4 watt. Waktu penggunaan alat per satu kali perlakuan tekanan sekitar 1 menit hingga 3 menit. Dari total daya tersebut, didapatkan kebutuhan energi listrik dan total biaya per

perlakuan yang dapat dilihat pada Tabel 9 dan Tabel 10.

Tabel 6. Kebutuhan energi listrik dan biaya listrik alat dalam satu perlakuan dengan tekanan vakum -23,37 cmHg

Jenis Pemanenan	Daya (kW)	Waktu (jam)	Kebutuhan listrik (kWh)	Tarif listrik (Rp/kWh)	Biaya listrik (Rp)
Pemanenan pada <i>Trigona laeviceps</i>	0,2244	0,043	0,0096	1444,70	13,87
Pemanenan pada <i>Trigona itama</i>	0,2244	0,054	0,012	1444,70	17,34

Tabel 7. Kebutuhan energi listrik dan biaya listrik alat dalam satu perlakuan dengan tekanan vakum -21,34 cmHg

Jenis Pemanenan	Daya (kW)	Waktu (jam)	Kebutuhan listrik (kWh)	Tarif listrik (Rp/kWh)	Biaya listrik (Rp)
Pemanenan pada <i>Trigona laeviceps</i>	0,2244	0,047	0,011	1444,70	15,89
Pemanenan pada <i>Trigona itama</i>	0,2244	0,058	0,013	1444,70	18,78

Tarif listrik yang digunakan pada pengambilan data ini adalah golongan tarif B-2/TR dengan batas daya 6.600 VA hingga 200 kVA, dengan tarif listrik sekitar 1444,70 Rp/kWh. Tarif tersebut mengacu pada penetapan penyesuaian tarif tenaga listrik (PLN 2024) bulan September. Berdasarkan data di atas didapatkan hasil perhitungan pengeluaran untuk tarif listrik dengan tekanan -23,37 cmHg pada alat pemanenan madu dengan jenis koloni *Trigona laeviceps* yaitu sebesar Rp 13,87 dan ini menjadi pengeluaran terendah. Sedangkan untuk pengeluaran tertinggi terjadi pada tekanan -21,34 cmHg pada jenis koloni *Trigona itama* yaitu sebesar Rp 18,78. Perbedaan pengeluaran tarif listrik tidak terlalu signifikan untuk masing-masing tekanan dan masih relatif terjangkau untuk sekali proses perlakuan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1 Kesimpulan

Pemanenan madu dengan metode isap menggunakan dua tekanan yang berbeda terbukti berhasil dalam mengalirkan madu dari sarang ke box penampung. Tekanan vakum yang digunakan adalah -23,37 cmHg dan -21,34 cmHg, yang termasuk tekanan normal untuk mengisap madu tanpa merusak sarangnya. Tekanan tersebut dirancang agar proses pemanenan dengan pompa vakum tidak merusak struktur sarang, sehingga lebah dapat memperbaiki sarangnya dengan cepat. Efektivitas perbaikan sarang setelah pemanenan menggunakan pompa vakum mencapai sekitar 70,89%, sedangkan dengan metode pemerasan hanya sekitar 9,09%. Selain itu, pemanenan menggunakan pompa vakum juga dapat meningkatkan kualitas madu. Hal ini disebabkan oleh proses pemanenan yang berlangsung cepat dan minim gangguan fisik terhadap sarang, sehingga koloni lebah mengalami stres yang lebih rendah. Proses pemanenan dengan pompa vakum tergolong cepat karena daya isap yang kuat, sehingga tidak memerlukan waktu lama. Namun, metode ini membutuhkan daya listrik untuk mengoperasikan pompa. Biaya listrik untuk pemanenan lebah *Trigona laeviceps* dan *Trigona itama* pada tekanan -23,37 cmHg adalah Rp13,87 per 300 ml dan Rp17,34 per 300 ml. Sementara itu, pada tekanan -21,34 cmHg, biaya listrik yang dibutuhkan adalah Rp15,89 per 300 ml dan Rp18,78 per 300 ml.

4.2 Saran

Kinerja alat pemanen madu dengan pompa vakum dinilai kurang maksimal karena memerlukan sumber listrik untuk mengoperasikannya. Oleh karena itu, disarankan melakukan modifikasi dengan menambahkan opsi penggunaan sumber daya portabel, seperti aki yang dapat diisi ulang. Modifikasi ini bertujuan untuk meningkatkan fleksibilitas alat sehingga tetap dapat beroperasi secara optimal di lokasi yang tidak memiliki akses listrik langsung.

Daftar Pustaka

- Al Fady MF. 2015. *Madu dan Luka Diabetik*. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- Aprilyani W. 2020. Analisis perubahan viskositas madu murni akibat penambahan larutan gula, sebagai identifikasi kemurnian madu [Skripsi]. Mataram (ID): Universitas Islam Negeri Mataram.
- Aznury M, Purnamasari I, Mardiana S, Dewi T. 2019. Rancang bangun alat vacuum drying dalam proses pembuatan tepung moringa oleifera lamk. *Jurnal Kinetika*. 10(3):29-34.
- Chayati I. 2008. Sifat fisikokimia madu monoflora dari Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah. *Agritech Journal*. 28(1):9-14.
- Gairola A, Tiwari P, Tiwari JK. 2013. Physico-chemical properties of apis cerana- indica f. honey from uttarkashi district of uttarakhand. *Journal of Global Biosciences*. 2(1):2-25.
- Kinoo MS, Mahomoodally MF, Puchooa, D. 2012. Anti-microbial and physico-chemical properties of processed and raw honeys of mauritius. *Journal Advances in Infectious Diseases*. 2(2): 25–36.
- Meliana, Syahputra R, Fauzan. 2022. Pengaruh suhu terhadap viskositas minyak pelumas shell mysella s3n40 pada mesin gas type w18v50sg di pltmg sumbagut -2 peaker. *Jurnal tektro*. 6(1):92-97.
- Monita DNK. 2023. Identifikasi jenis dan karakteristik sarang lebah madu tanpa sengat (*stingless bee*) di perternakan lebah simpur desa kecapi [Skripsi]. Lampung (ID). Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung.
- Pujirahayu N, Hardianto F, Mando LOAS, Uslinawaty Z, Rosmarlinasiah, Basruddin. 2022. Karakteristik sarang dan tumbuhan sumber getah propolis lebah tak bersengat (*stingless bee*) dari buton utara. *Jurnal Penelitian Kehutanan*. 16(1):69-79.
- Putra PAH, Watiniasih NL, Suartini NM. 2014. Struktur dan produksi lebah *Trigona spp.* pada sarang berbentuk tabung dan bola. *Jurnal Biologi*. 18(2):60-64.
- Putra RG, Salim ATA, Aminudin A, Romandoni N, Bisono RM, Aditama CC, Febriana D, Rahmawati CN, Sari SF. 2021. Terapan IPTEK pada pengolahan dan peningkatan produktifitas lahan di masyarakat pacitan untuk budidaya lebah klanceng. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 4(4):167-174.
- Putral HS, Astuti W, Kartika R. 2018. Aktivitas amilase, protease dan lipase dari madu lebah *Trigona sp*, *Apis mellifera* dan *Apis dorsata* activities o amylase, protease and lipase from honey *Trigona sp*, *Apis mellifera* and *Apis dorsata*. *Jurnal Kimia Mulawarman*. 16(11):27–31.
- Roubik DW. 2006. Stingless bee nesting biology. *Journal Apidologie*. 37(2):124–143.
- Septiani A, Apriantini A, Suryati T. 2022. Hubungan tingkat konsumsi madu dengan pengetahuan gizi, status gizi, dan kebugaran remaja di Kota Bogor. *Jurnal Ilmu Produksi Dan Teknologi Hasil Peternakan*. 10(2):69–76.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2018. SNI 8664:2018. *Madu*. Jakarta (ID): Badan Standardisasi Nasional.
- Sousa JM, Souza EL, Marques G, Benassi MT, Gullón B, Pintado MM, Magnani M. 2017. Sugar profile, physicochemical and sensory aspects of monofloral honeys produced by different

- stingless bee species in Brazilian semiarid region. *Journal LWT-Food Science and Technology*. 65 : 645-651.
- Sudaryanto H. 2010. Analisis kualitas fisik dan kimia madu lebah (*Apis cerana*) di Desa Kuapan, Kecamatan Tambang, Kabupaten Kampar [Skripsi]. Riau (ID): UIN Sultan Syarif Kasim.
- Suranto A. 2008. Khasiat dan Manfaat Madu Herbal. Jakarta: PT. Agro Media Pustaka.
- Syakdani A, Purnamasari I, Necessary E. 2019. Prototipe alat evaporator vakum (efektivitas temperatur dan waktu evaporasi terhadap tekanan vakum dan laju evaporasi pada pembuatan sirup buah mengkudu (*morinda citrifolia l.*)). *Jurnal Kinetika*. 10(2):29-35.
- Wahyuningsih E, Wulandari FT, Lestari AT. 2020. Peningkatan produktivitas lebah madu trigona sp dengan kayu dadap (*erythrina vareigata l*) sebagai bahan baku stup lebah, di Desa Pendua, Kec. Kayangan, Kab. Lombok Utara, NTB. *Jurnal Pendidikan dan Pengabdian Masyarakat*. 3(4):274-278.
- Wulansari D. 2018. Madu Sebagai Terapi Komplementer. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Yap SK, NL Chin, YA Yusof, KY Chong. 2019. Quality characteristic of dehydrated raw Kelulut honey. *International Journal of Food Properties*. 22(1):556- 671.