

EVALUASI KUALITAS MADU DARI PAKAN SUBSTITUSI LARUTAN GULA PASIR PADA LEBAH *Tetragonula biroi*

*Evaluation of Honey Quality from Granulated Sugar Solution Substitution Feeding in *Tetragonula biroi**

Budiaman^{1*}, Baharuddin², Muhammad Iqbal¹, Andi Prastiyo¹

Affiliation

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245, +6281342681084, 0411-589592

²Program Studi Rekayasa Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Hasanuddin, Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10 Makassar, 90245

Corresponding author:

* budiaman@unhas.ac.id

Abstract

*Stingless bees, particularly *Tetragonula biroi*, have been widely cultivated in Sulawesi. Beekeeping in urban environments presents different vegetation conditions and sometimes lacks food sources for bees. This study aims to evaluate the quality of *T. biroi* honey produced by feeding liquid granulated sugar during the nectar-poor season. This study was conducted in Kampung Rimba, Makassar, South Sulawesi, from March to April 2023. Honey quality parameters were evaluated by comparing the results with the Indonesian National Standard (SNI 8664:2018). The results showed that the quality of the honey produced did not all meet SNI standards. The quality that was met was found in the sucrose, with an average of 2.42% and acidity level, with an average of 46.68 ml NaOH 0.1 N/kg. Other qualities that did not meet were moisture content, with an average of 31.04% and reducing sugar, with an average of 40.85%. These results indicate that sugar substitute feed for *T. biroi* bees is intended only for scarcity conditions. The use or replacement of liquid granulated sugar can only be applied when the beekeeping area lacks nectar food sources.*

Submit: 2026-03-08

Accepted: 2026-04-24

COPYRIGHT © 2026 by Journal Eboni.

This Work is licenced under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

Keywords: *Granulated sugar, honey quality, lean season, substitute feed, *Tetragonula biroi**

1. Pendahuluan

Lebah *Tetragonula biroi* adalah jenis lebah tanpa sengat yang semakin banyak dibudidayakan di Indonesia. Lebah *T. biroi* berperan sebagai penyerbuk dan secara tidak langsung memiliki nilai ekonomi (Quezada-Euan, 2018; Khalifa et al., 2021). Salah satu sumber pendapatan bagi masyarakat adalah madunya. Madu lebah tanpa sengat memiliki karakteristik karakteristik yang berbeda dari madu *Apis mellifera* (Gela et al., 2021). Meningkatnya permintaan madu di masyarakat membutuhkan upaya untuk menjaga keberlanjutan koloni. Salah satu komponen yang dapat menjaga keberlanjutan koloni lebah adalah ketersediaan sumber makanan yang melimpah di daerah budidaya lebah.

Vegetasi mulai dari pohon hingga bibit, merupakan sumber makanan bagi lebah, terutama lebah tanpa sengat. Pengenalan lebah tanpa sengat untuk budidaya di daerah perkotaan telah menjadi praktik yang meluas. Daerah perkotaan, yang seringkali dipenuhi ruang terbuka atau area perumahan, menciptakan kelangkaan atau kekurangan sumber makanan bagi lebah untuk mencari makan, terutama nektar. Kelangkaan makanan atau musim berbunga yang tidak konsisten dapat mengurangi produksi koloni lebah (Hristov et al., 2021). Perkembangan lebah tanpa sengat bergantung pada musim berbunga yang berkelanjutan (Husodo et al., 2024). Perubahan lingkungan akan berdampak pada kondisi koloni

lebah (Lynch et al., 2021). Kondisi ini memerlukan intervensi segera untuk memastikan kelangsungan hidup koloni dan mencegah lebah meninggalkan sarangnya atau mati.

Pemberian pakan buatan berupa larutan gula telah banyak digunakan pada lebah *A. mellifera* selama musim kekurangan pakan (Hu et al., 2024; Sultana et al., 2024). Studi kualitas madu menggunakan SNI pada lebah *T. biroi* belum pernah dilakukan. Komposisi pakan buatan ini tentu memiliki karakteristik yang berbeda dari nektar alami yang dikumpulkan lebah dari bunga. Hal ini membutuhkan penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan praktik budidaya untuk kelangsungan hidup lebah.

Penelitian terkait substitusi pakan buatan, khususnya untuk lebah *T. biroi*, belum dilakukan secara ilmiah. Studi sebelumnya berfokus pada produktivitas koloni lebah dan hasil madu (Ullah et al., 2021; Pridal et al., 2023). Kesenjangan ini menyebabkan dilakukan penelitian ini untuk mendukung budidaya lebah *T. biroi*. Penyediaan pakan pengganti ini akan menjadi dasar pengembangan budidaya lebah *T. biroi* di lingkungan dengan vegetasi terbatas. Tentu saja, penelitian ini memiliki keterbatasan dalam eksperimen yang dilakukan, seperti ukuran sampel yang terbatas dan kurangnya pengukuran dampak dari pakan buatan ini.

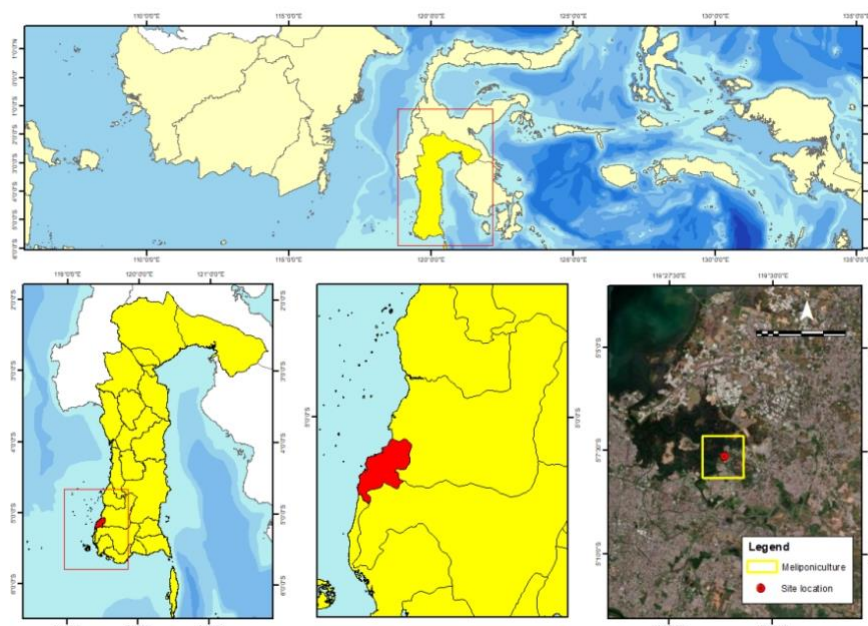
Kondisi lingkungan juga merupakan faktor pendukung dalam pengembangan budidaya lebah tanpa sengat. Menurut Prastiyo et al. (2023), perkembangan lebah *T. biroi* dapat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan atau iklim. Kondisi mikroklimat, seperti suhu dan kelembapan, akan memengaruhi kelangsungan hidup koloni di lingkungan perkotaan. Kondisi untuk budidaya lebah tanpa sengat di lingkungan perkotaan sering terganggu oleh aktivitas manusia (Ramírez et al., 2021). Memilih lokasi yang sesuai untuk budidaya lebah tanpa sengat, khususnya *T. biroi*, sangat penting. Banyak manfaat yang dapat dirasakan dalam budidaya lebah tanpa sengat, terutama madu (Ramli et al., 2019). Dalam praktik budidaya lebah *T. biroi*, hasil ini dapat dijadikan dasar untuk pengembangan penelitian yang lebih spesifik untuk beberapa spesies lebah tanpa sengat yang banyak dibudidayakan. Informasi tentang pemberian pakan buatan berupa gula pasir dapat dikembangkan lebih lanjut menjadi beberapa pakan buatan yang lebih alami, seperti jus tebu dan sejenisnya.

Penambahan sukrosa atau gula pasir dapat menjadi alternatif dan tidak dimaksudkan untuk penggunaan jangka panjang sebagai sumber makanan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi kualitas madu *T. biroi* yang dihasilkan dengan pemberian gula pasir cair selama musim paceklik. Hal ini akan memberikan hasil yang dapat menjadi acuan bagi upaya pengelolaan budidaya lebah *T. biroi* di masa mendatang di daerah perkotaan.

2. Metode

2.1. Tempat dan waktu penelitian

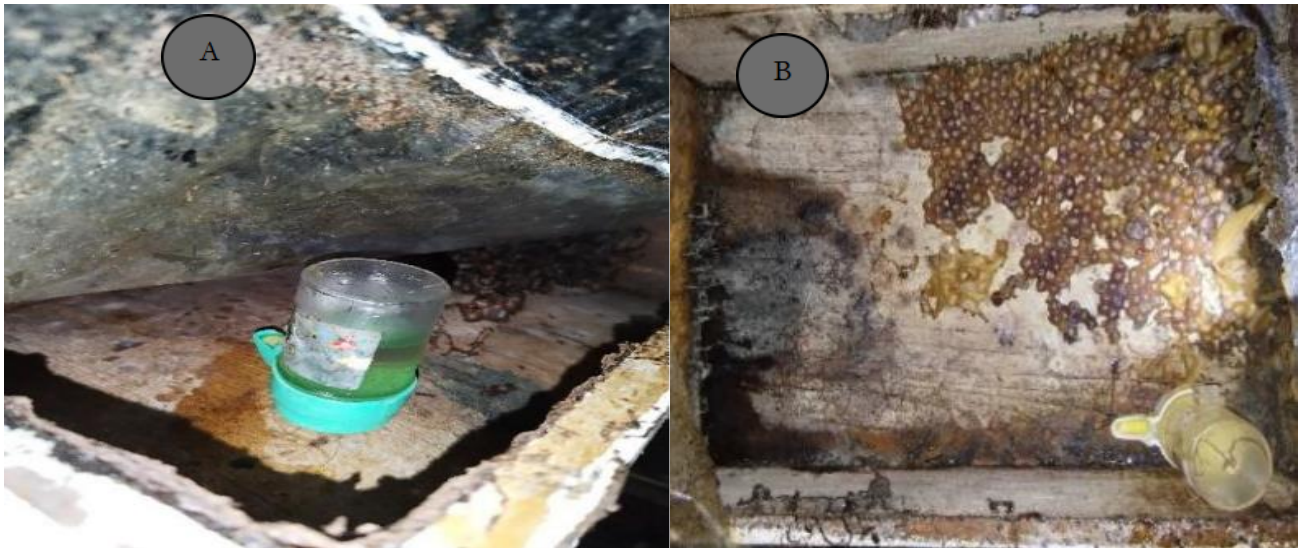
Penelitian ini dilakukan di Kampung Rimba, Universitas Hasanuddin. Penelitian ini dilaksanakan dari Maret-April 2023. Lokasi ini memiliki beberapa vegetasi spesifik seperti *Vitex cofassus*, *Tectona grandis*, *Antigonon leptopus*, *Carica papaya*, *Hibiscus rosa-sinensis*, *Morus alba*, dan *Gmelina arborea*.



Gambar 1. Peta lokasi penelitian di Kampung Rimba, Makassar, Sulawesi Selatan

2.2. Koleksi Data

Enam koloni lebah *T. biroi* digunakan sebagai objek penelitian ini. Keterbatasan jumlah sampel koloni yang digunakan relatif kecil yang dijadikan sebagai objek penelitian. Pemilihan sampel dilakukan dengan metode *purposive sampling*, yaitu memilih koloni stabil yang aktif masuk dan keluar sarang. Pemberian pakan buatan dilakukan selama 40 hari berturut-turut. Pakan buatan disiapkan dengan melarutkan gula pasir dalam air dengan perbandingan 1:1. Setiap koloni diberi 100 g setiap hari (Gambar 2A). Semua koloni diberi perlakuan yang sama dari awal hingga akhir penelitian. Ketiadaan kelompok kontrol pada penelitian menjadi keterbatasan dan hanya satu stup lebah yang dijadikan sebagai kontrol.



Gambar 2. A: Penempatan wadah pakan substitusi di dalam stup; B: Kondisi pot madu di hari terakhir sebelum pengambilan sampel

Sampel madu dipanen dengan cara disedot menggunakan jarum suntik untuk memastikan lebah tidak terganggu (Gambar 2B). Setiap koloni lebah dipanen untuk pengumpulan madu. Sampel madu disimpan dalam botol kaca steril berlabel. Sampel madu kemudian dianalisis di laboratorium menggunakan empat parameter: kadar air, gula pereduksi, keasaman, dan sukrosa. Ini mengacu pada standar kualitas madu SNI 8664:2018. Empat parameter dipilih karena berhubungan langsung dengan karakteristik gula pasir dan kualitas madu. Karakteristik gula pasir meliputi kadar gula pereduksi dan sukrosa (Wang et al., 2025), serta kadar air dan keasaman, yang merupakan karakteristik khas kualitas madu lebah tanpa sengat (de Sousa et al., 2016).

2.3. Analisis Data

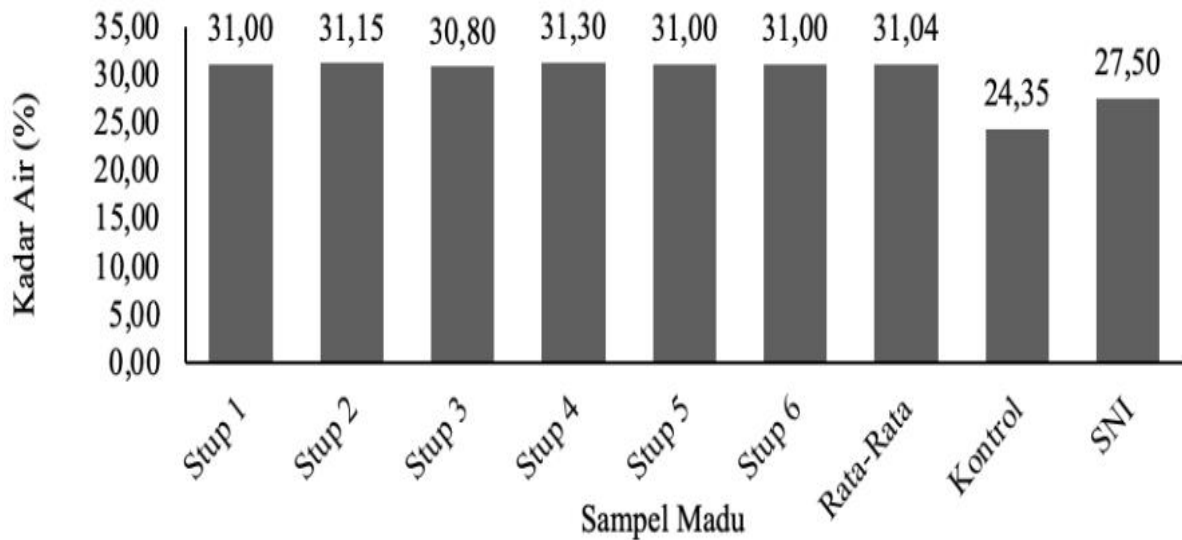
Data dianalisis dengan membandingkan hasil uji kualitas madu dari perlakuan pemberian pakan buatan dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8664:2018. Analisis ini bertujuan untuk menentukan apakah madu yang dihasilkan oleh koloni lebah masih memenuhi standar kualitas yang ditetapkan oleh SNI. Analisis data dilakukan menggunakan Microsoft Excel melalui tabulasi data yang kemudian disajikan dalam bentuk gambar.

3. Hasil Dan Pembahasan

Budidaya lebah tanpa sengat banyak dipraktikkan atau dikembangkan di Indonesia. Faktor penting yang sering diabaikan oleh para peternak sebelum membudidayakan adalah vegetasi yang berperan untuk menyediakan sumber makanan bagi lebah. Lebah *T. biroi* bergantung pada vegetasi di sekitarnya untuk mencari makan. Kondisi lingkungan juga perlu dipertimbangkan sebelum mulai memelihara lebah. Kelembapan berperan dalam menentukan perkembangan koloni lebah tanpa sengat (Baroyi et al., 2019). Kondisi lembap dapat menyebabkan pertumbuhan jamur, yang berkaitan dengan ukuran sarang, yang tertutup pada lebah tanpa sengat (Budiaman et al., 2025).

3.1. Kadar Air

Hasil pengujian kadar air madu menunjukkan bahwa tidak terdapat satu pun sampel (Stup 1-6) memenuhi standar SNI. Kadar air tertinggi adalah 31,30%, dan terendah adalah 30,80%, sedangkan nilai SNI maksimum adalah 27,50% (Gambar 3).

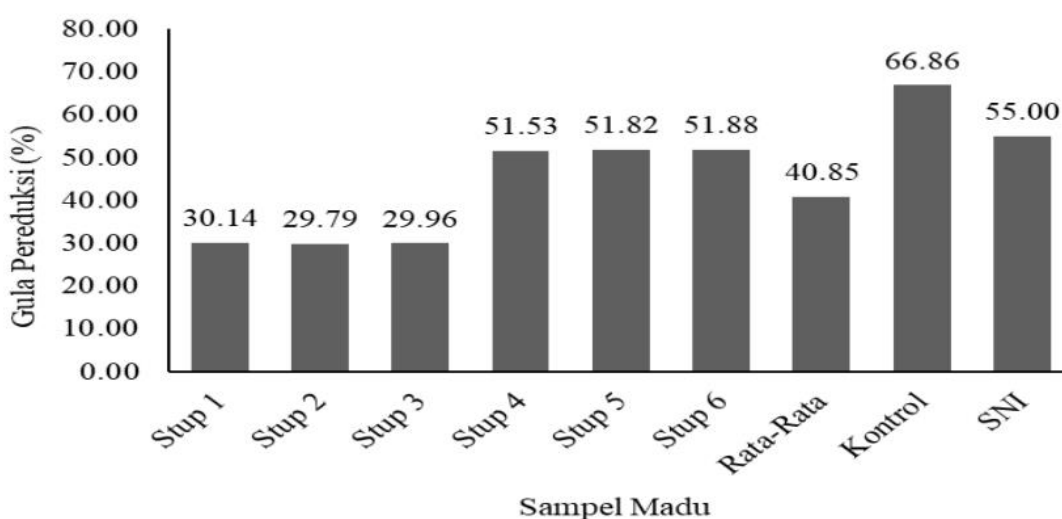


Gambar 3. Kandungan kadar air dari pemberian pakan substitusi gula pasir cair

Hasil ini menunjukkan bahwa ini adalah hasil dari sumber pakan buatan berupa gula pasir, bukan nektar alami. Perbedaan sumber pakan buatan memengaruhi komposisi kimia madu, terutama kandungan gula sederhana dan air yang berperan dalam stabilitas madu. Kondisi kadar air juga dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan seperti kelembapan (Azmi et al., 2018). Kelembapan tinggi dapat menghambat proses penguapan air oleh lebah di dalam sarang, sehingga nektar atau larutan gula tidak terdehidrasi secara optimal menjadi madu matang. Kelembapan dapat memengaruhi kadar udara dalam madu (Chen, 2019). Selain itu, kadar air yang tinggi dapat memicu aktivitas mikroorganisme yang menyebabkan fermentasi, sehingga meningkatkan kadar asam dan menurunkan kualitas madu. Kadar air yang tinggi pada madu lebah *T. biroi* sering ditemukan di lapangan, karena pemanenan madu secara menyeluruh pada semua pot madu. Secara biologis, pot madu yang belum tertutup sempurna menunjukkan bahwa proses pematangan, termasuk penurunan kadar air dan stabilisasi gula, belum selesai. Pot madu yang tidak tertutup sepenuhnya dianggap belum matang dan tidak dapat dipanen, sehingga kadar airnya cukup tinggi. Pemanenan madu harus memperhatikan kondisi koloni dan kondisi pot madu itu sendiri. Pemilihan pot madu yang telah tertutup juga penting untuk meminimalkan risiko fermentasi pascapanen. Pemanenan dengan cara sedot dapat membantu mengurangi kadar air secara selektif pada pot madu yang tertutup yang dapat dipanen.

3.2. Gula Pereduksi

Hasil uji gula pereduksi menunjukkan fluktuasi di seluruh sampel (stup 1-6). Madu berkualitas tertinggi memiliki kandungan gula pereduksi sebesar 51,88%, dan terendah sebesar 29,96%, sedangkan standar SNI untuk gula pereduksi adalah 55%. Hasil ini juga kurang dari standar SNI untuk semua sampel (Gambar 4).



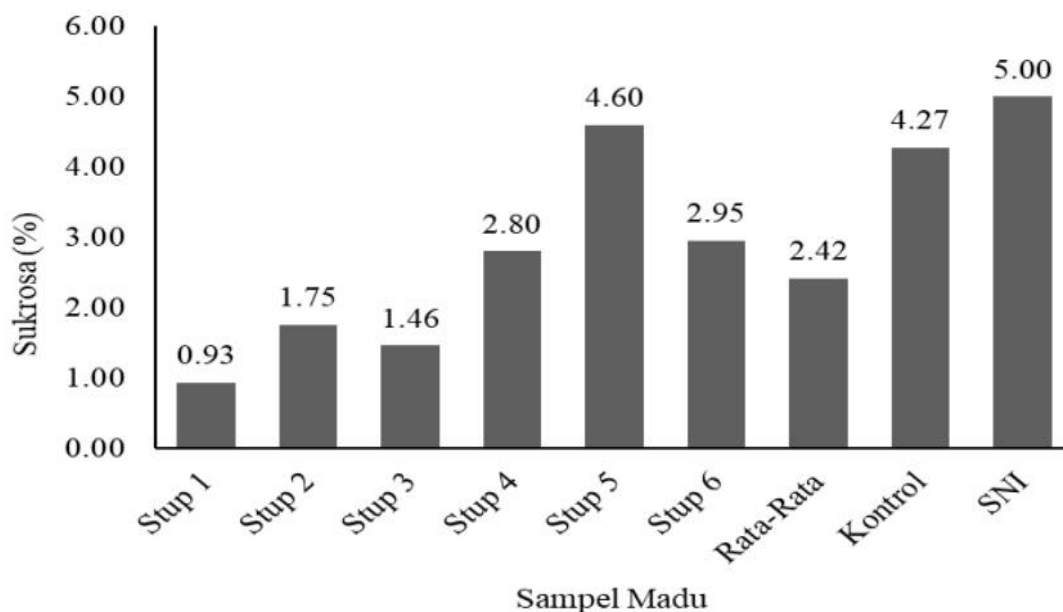
Gambar 4. Kandungan gula pereduksi dari pemberian pakan substitusi gula pasir cair

Kandungan gula pereduksi pada madu yang diperoleh dari pakan pengganti buatan untuk lebah *T. biroi* tidak memenuhi SNI. Asupan gula yang berlebihan dapat meningkatkan kandungan gula pereduksi dan tentu saja profil madu yang dihasilkan juga akan berbeda dari madu yang diperoleh dari pakan alami (Kamal et al., 2019; Kanelis et al., 2022). Namun, hasil penelitian ini menunjukkan kondisi yang berlawanan, di mana kadar gula pereduksi justru rendah. Hal ini mengindikasikan bahwa proses konversi sukrosa tidak berlangsung secara optimal di dalam koloni.

Hasil uji gula pereduksi pada pakan gula pasir pada lebah *T. biroi* secara tidak langsung akan memengaruhi kondisi koloni lebah. Hidrolisis sukrosa menjadi gula pereduksi dikatalisis oleh enzim invertase yang dihasilkan oleh lebah (Kaligis & Mocosuli, 2022). Jika aktivitas enzim invertase terbatas, baik akibat kondisi koloni, stres lingkungan, maupun kualitas pakan, maka sukrosa tidak sepenuhnya terurai menjadi glukosa dan fruktosa. Akibatnya, meskipun sumber pakan berasal dari larutan gula, kandungan gula pereduksi dalam madu tetap rendah. Beberapa penelitian, seperti yang dilakukan oleh Papezikova et al. (2020) dan Pavlovic et al. (2025), menunjukkan bahwa larutan gula memiliki komposisi yang mirip dengan sirup invert dan memiliki karakteristik yang berbeda dibandingkan dengan nektar alami. Namun, berbeda dengan sirup invert yang telah mengalami hidrolisis sebelumnya, larutan gula pasir masih memerlukan proses enzimatik di dalam koloni. Keterbatasan proses ini menjadi faktor utama yang menjelaskan rendahnya kadar gula pereduksi yang diperoleh. Hal ini tentunya mempengaruhi kualitas madu yang dihasilkan oleh lebah itu sendiri.

3.3. Sukrosa

Hasil uji sukrosa madu *T. biroi* dengan pengganti pakan buatan juga berfluktuasi di seluruh sampel (stup 1-6). Hasil sukrosa tertinggi adalah 4,60% dan terendah 0,93%, dengan sukrosa SNI maksimum 5%. Hasil yang diperoleh untuk semua sampel memenuhi SNI (Gambar 5).

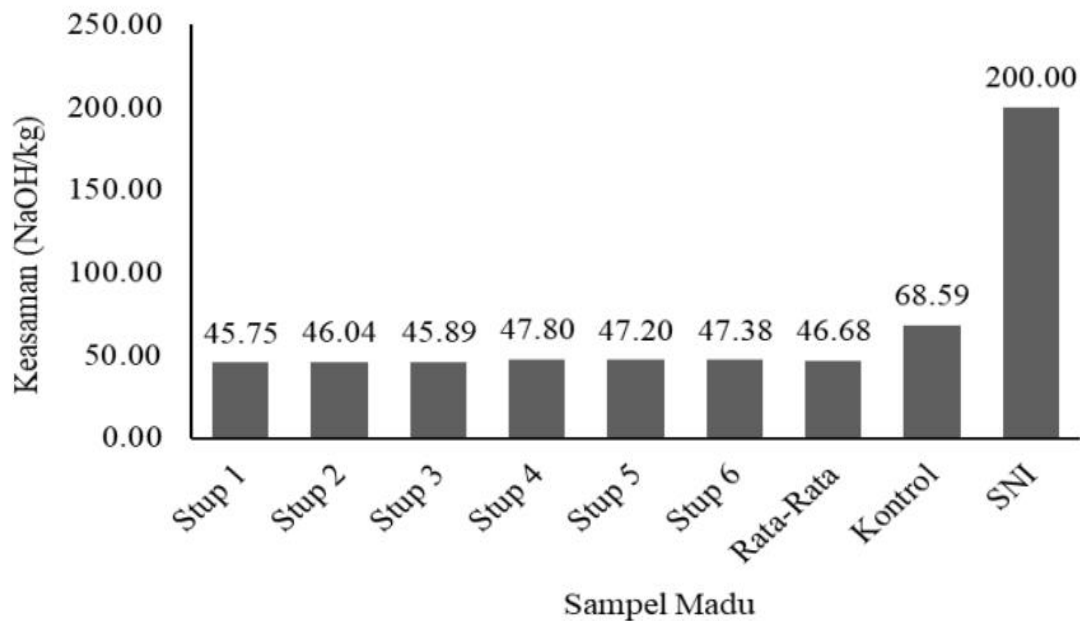


Gambar 5. Kandungan sukrosa dari pemberian pakan substitusi gula pasir cair

Sukrosa yang diperoleh dari penelitian ini pada semua sampel memenuhi standar SNI. Hal ini menunjukkan bahwa sukrosa yang dikonsumsi adalah gula pasir, yang dapat meninggalkan residu sukrosa. Hal ini didukung oleh Geana et al. (2020), yang menyatakan bahwa pemberian gula dapat meningkatkan residu dan tidak mencerminkan keaslian madu. Lebah tanpa sengat memiliki enzim yang dapat menginversi sukrosa. Enzim pada lebah tanpa sengat yang dapat menginversi sukrosa berlebih juga akan meninggalkan residu pada madu yang dihasilkan (Farooq & Ngaini, 2023; Wang et al., 2023).

3.4. Keasaman

Hasil uji madu pada lebah *T. biroi* dengan pakan pengganti buatan menunjukkan kisaran yang relatif serupa pada semua sampel (stup 1-6). Hasil keasaman tertinggi adalah 47,80 ml NaOH 0,1 N/kg, dan terendah adalah 45,75 ml NaOH 0,1 N/kg, dengan SNI maksimum 200 ml NaOH 0,1 N/kg. Hasil pada semua sampel memenuhi semua ambang batas SNI (Gambar 6).



Gambar 6. Kandungan keasaman dari pemberian pakan substitusi gula pasir cair

Hasil uji madu *T. biroi* pada pakan buatan memenuhi semua standar SNI. Hal ini disebabkan oleh larutan gula yang diberikan, dan hasil uji menunjukkan tingkat keasaman yang rendah. Tingkat keasaman madu sangat dipengaruhi oleh kandungan asam organik seperti asam glukonat, yang umumnya terbentuk melalui aktivitas enzimatik dan proses fermentasi mikroba (Karnia et al., 2020). Madu lebah tanpa sengat alami, manis, dan terkadang memiliki suhu yang relatif tinggi. Tingkat keasaman lebah tanpa sengat berbeda dibandingkan dengan madu *Apis* spp. karena lebah tanpa sengat memiliki kandungan asam organik yang tinggi (Shamsudin et al., 2019; Gadge et al., 2024).

Pada kondisi pakan buatan, rendahnya keasaman menunjukkan bahwa pembentukan asam organik tidak berlangsung secara optimal. Hal ini dapat disebabkan oleh terbatasnya proses fermentasi oleh mikroorganisme alami, seperti bakteri asam laktat dan khamir, yang biasanya berperan dalam menghasilkan asam organik pada madu dari nektar alami (Jaya, 2017). Komposisi madu dalam pakan buatan ini tentu akan memengaruhi tingkat keasaman dan minimalnya atau tidak adanya asam organik sama sekali. Dengan demikian, rendahnya keasaman madu pada perlakuan ini mencerminkan keterbatasan proses fermentasi dan pembentukan asam organik dibandingkan dengan madu alami.

4. KESIMPULAN

Kualitas madu dari pemberian pakan buatan berupa cairan gula pasir pada koloni lebah *T. biroi* tidak semua sesuai dengan SNI. Parameter kualitas madu dari pakan buatan yang memenuhi SNI yaitu sukrosa dengan rata-rata 2,42% dan keasaman dengan kadar rata-rata sebesar 46,68 NaOH/kg. Namun, secara keseluruhan, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemberian pakan buatan cenderung menurunkan kualitas madu, terutama pada parameter penting seperti gula pereduksi dan kadar air yang tidak memenuhi standar. Pakan buatan ini dapat diterapkan pada saat musim paceklik untuk membantu asupan lebah karena kelangkaan nektar di alam. Kelangkaan nektar disebabkan oleh area budidaya yang berada di kawasan kota dengan sumber vegetasi yang terbatas. Dengan demikian, penggunaan pakan gula pasir oleh peternak lebah sebaiknya hanya bersifat sementara dan bukan sebagai sumber pakan utama, karena berpotensi menurunkan mutu madu yang dihasilkan. Oleh karena itu, hal ini dapat mendukung keberlangsungan hidup koloni lebah *T. biroi* hingga nektar di alam tersedia (musim berbunga). Penelitian ini memiliki keterbatasan, terutama pada jumlah sampel yang relatif kecil dan tidak adanya kelompok kontrol, sehingga membatasi generalisasi hasil.

DAFTAR PUSTAKA

Abid, A., Yunus, M. A. M., Sahlan, S., Ramli, M. M., Amin, M. R. A., Lotpi, Z. F. M., & Anuar, N. H. K. (2019). An optimized honey dehydration system with drying air temperature and relative humidity control. *IEEE International Conference on Automatic Control and Intelligent Systems (I2CACIS)*, 1, 305-310.

- Azmi, W. A., Ghazi, R., & Nasharuddin, I. S. (2018). Morphological, nest architecture and colony characteristics of stingless bees (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) from Tasik Kenyir, Terengganu. *Greater Kenyir Landscapes: Social Development and Environmental Sustainability: From Ridge to Reef. Springer, Cham*, pp. 111-121.
- Baroyi, S. A., Yusof, Y. A., Ghazali, H. M., Chin, N. L., Othman, S. H., Chang, L. S., & Ghazali, N. S. (2019). A novel method based on passive diffusion that reduces the moisture content of stingless bee (*Heterotrigona itama*) honey. *Journal of Food Processing Engineering*, 42(6), e13221.
- Budiaman, B., Rahman, A. F., Nurhayati, N., Jumadi, N. H., Khatima, K., & Pratiyo, A. (2025). Analysis of productivity from four stingless bees (Apidae: Meliponini) and forages in urban forest, South Sulawesi, Indonesia. *Asian Journal of Forestry*, 9(1), 144-151.
- Chen, C. (2019). Relationship between water activity and moisture content in floral honey. *Foods*, 8(1), 1-18.
- Edwards, E. K., Mitchell, N. J., & Ridley, A. R. (2015). The impact of high temperatures on foraging behaviour and body condition in the Western Australian Magpie *Cracticus tibicen dorsalis*. *Ostrich*, 86(1-2), 137-144.
- Farooq, S., & Ngaini, Z. (2023). The enzymatic role in honey from honey bees and stingless bees. *Current Organic Chemistry*, 27(14), 1215-1229.
- Gadge, A. S., Shirsat, D. V., Soumia, P. S., Pote, C. L., Pushpalatha, M., Pandit, T. R., Dutta, R., Kumar, S., Ramesh, S. V., Mahajan, V., & Karuppaiah, V. (2024). Physicochemical, biological and therapeutic uses of stingless bee honey. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1-16.
- Geana, E. I., Ciucure, C. T., Costinel, D., & Ionete, R.E. (2020). Evaluation of honey in terms of quality and authenticity based on the general physicochemical pattern, major sugar composition and $\delta^{13}\text{C}$ signature. *Food Control*, 109, 106919.
- Gela, A., Hora, Z. A., Kebebe, D., & Gebresilassie, A. (2021). Physico-chemical characteristics of honey produced by stingless bees (*Meliponula beccarii*) from West Showa zone of Oromia Region, Ethiopia. *Heliyon*, 7(1), 1-7.
- Hristov, P., Shumkova, R., Palova, N., & Neov, B. (2021). Honey bee colony losses: Why are honey bees disappearing?. *Sociobiology*, 68(1), 1-13.
- Hu, Y., Liu, J., Pan, Q., Shi, X., & Wu, X. (2024). Effects of artificial sugar supplementation on the composition and nutritional potency of honey from *Apis cerana*. *Insects*, 15(5), 1-12.
- Husodo, T., Wulandari, I., Syaputri, Y., Kasmara, H., Hermawan, W., Kusmoro, J., & Febrian, R. R. (2024). Blooming calendar and polliniferous plants in Djuanda Great Forest Park, West Java, Indonesia: Implication for beekeeping management. *Biodiversitas*, 25(7), 3216-3229.
- Jaya, F. (2017). *Produk-produk lebah madu dan hasil olahannya*. Universitas Brawijaya Press, Malang.
- Jayatilaka, P., Narendra, A., Reid, S. F., Cooper, P., & Zeil, J. (2011). Different effects of temperature on foraging activity schedules in sympatric *Myrmecia* ants. *Journal of Experimental Biology*, 214(16), 2730-2738.
- Kaligis, M. I. G., & Mokusuli, Y. S. (2022). Characteristics and flavonoid content of honey *Apis dorsata* Binghami from the Manembo Forest of South Minahasa. *Jurnal Biologi Tropis*, 22(4), 1420-1430.
- Kamal, M. M., Rashid, M. H. U., Mondal, S. C., El Taj, H. F., & Jung, C. (2019). Physicochemical and microbiological characteristics of honey obtained through sugar feeding of bees. *Journal of Food Science and Technology*, 56(4), 2267-2277.
- Kanelis, D., Liolios, V., Tananaki, C., & Rodopoulou, M. A. (2022). Determination of the carbohydrate profile and invertase activity of adulterated honeys after bee feeding. *Applied Sciences*, 12(7), 1-10.
- Karnia, I., Hamidah, S., & Thamrin, G. A. R. (2020). Pengaruh masa simpan madu kelulut (*Trigona* sp) terhadap kadar gula pereduksi dan keasaman. *Jurnal Sylva Scientiae*, 2(6), 1093-1099.
- Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., AlAjmi, M. F., Zhao, C., Masry, S. H. D., Abdel-Daim, M. M., Halabi, M. F., Kai, G., Al Naggari, Y., Bishr, M., Diab, M. A. M., & El-Seedi, H. R. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8), 1-23.
- Lynch, L., Kangas, M., Ballut, N., Doucet, A., Schoenecker, K., Johnson, P., Gharehaghaji, M., & Minor, E. S. (2021). Changes in land use and land cover along an urban-rural gradient influence floral resource availability. *Current Landscape Ecology Reports*, 6(2), 46-70.
- Papezikova, I., Palíková, M., Srová, E., Zachová, A., Somerlíková, K., Kováčová, V., & Pecková, L. (2020). Effect of feeding honey bee (*Apis mellifera*) colonies with honey, sugar solution, inverted

- sugar and wheat starch syrup on nosematosis prevalence and intensity. *Journal of Economic Entomology*, 113(1), 26-33.
- Pavlovic, R., Dojnov, B., Slavić, M. Š., Ristović, M., Vujčić, M., Stojanović, S., & Vujčić, Z. (2025). Differential processing of sucrose and invert syrup in honey bees. *Archives of Insect Biochemistry and Physiology*, 118(3), e70052.
- Prastiyo, A., & Nuraeni, S. (2023). Foraging activities, environmental factors and increment weight of *Tetragonula biroi* colonies in beekeeping with different hive materials. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1277(1), 1-10.
- Pridal, A., Musila, J., & Svoboda, J. (2023). Condition and honey productivity of honeybee colonies depending on type of supplemental feed for overwintering. *Animals*, 13(3), 1-15.
- Quezada-Euan, J. J. G. (2018). Services provided by stingless bees. *Stingless Bees of Mexico: The Biology, Management and Conservation of an Ancient Heritage*. Springer International Publishing, Cham, pp. 167-192.
- Ramírez, V. M., Calvillo, L. M., & Kevan, P. G. (2012). Effects of human disturbance and habitat fragmentation on stingless bees. *Pot-Honey: A Legacy of Stingless Bees*. Springer, New York, pp. 269-282.
- Ramli, N. Z., Chin, K. Y., Zarkasi, K. A., & Ahmad, F. (2019). The beneficial effects of stingless bee honey from *Heterotrigona itama* against metabolic changes in rats fed with high-carbohydrate and high-fat diet. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(24), 1-17.
- Shamsudin, S., Selamat, J., Sanny, M., Abd Razak, S. B., Jambari, N. N., Mian, Z., & Khatib, A. (2019). Influence of origins and bee species on physicochemical, antioxidant properties and botanical discrimination of stingless bee honey. *International Journal of Food Properties*, 22(1), 239-264.
- Sultana, N., Reza, M. E., Alam, M. N., Siddiquee, M. N. A., Islam, M. S., Rahman, M. A., Sayed, M. A., & Rahman, M. M. (2024). Evaluating the efficiency of supplementary feeding as a management strategy for enhancing honeybee (*Apis mellifera* L.) colony growth and productivity. *Frontiers in Bee Science*, 2, 1-12.
- Ullah, A., Shahzad, M. F., Iqbal, J., & Baloch, M. S. (2021). Nutritional effects of supplementary diets on brood development, biological activities and honey production of *Apis mellifera* L. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 28(12), 6861-6868.