

**PENURUNAN KADAR AIR MADU HUTAN SUMATRA
MENGUNAKAN EVAPORATOR VAKUM DITINJAU
DARI TOTAL GULA, KONDUKTIVITAS ELEKTRIK,
INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN**

SKRIPSI



Oleh:

Sofia Aulia Hidayat
NIM. 175050100111004

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**



**PENURUNAN KADAR AIR MADU HUTAN SUMATRA
MENGUNAKAN EVAPORATOR VAKUM DITINJAU
DARI TOTAL GULA, KONDUKTIVITAS ELEKTRIK,
INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN**

SKRIPSI

Oleh:

**Sofia Aulia Hidayat
NIM. 175050100111004**

Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh
gelar Sarjana Peternakan pada Fakultas Peternakan Universitas
Brawijaya

**PROGRAM STUDI PETERNAKAN
FAKULTAS PETERNAKAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
MALANG
2021**

**PENURUNAN KADAR AIR MADU HUTAN SUMATRA
MENGUNAKAN EVAPORATOR VAKUM DITINJAU
DARI TOTAL GULA, KONDUKTIVITAS ELEKTRIK,
INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS
ANTIOKSIDAN**

SKRIPSI

Oleh:

**Sofia Aulia Hidayat
NIM. 175050100111004**

Mengetahui,
Dekan Fakultas Peternakan
Universitas Brawijaya

Menyetujui,
Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Suyadi,
MS., IPU., ASEAN Eng.
NIP. 19620403 1987011001
Tanggal :

Dr. Ir. Agus Susilo, S.Pt., MP.,
IPM., ASEAN Eng.
NIP. 19730820 199902
Tanggal



RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Sofia Aulia Hidayat dilahirkan di Kabupaten Pasuruan pada tanggal 15 September 1999, sebagai anak ke empat dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Arif Amirul Hidayat dan Ibu Tutik Suryaningsih. Penulis menyelesaikan pendidikan di SD Negeri Martopuro III Kabupaten Pasuruan lulus pada tahun 2011, SMP Negeri 1 Purwosari Kabupaten Pasuruan lulus pada tahun 2014 dan lulus dari SMA Negeri 1 Purwosari Kabupaten Pasuruan pada tahun 2017. Penulis diterima di Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) pada tahun 2017. Penulis melaksanakan Praktek Kerja Lapang pada tahun 2020 melalui metode Studi Literatur dengan judul “Manajemen Tata Laksana Penetasan pada *Hatchery*” yang dibimbing oleh Ibu Ria Dewi Andriani, S.Pt., M.Sc.

Selama menempuh pendidikan tingkat Sarjana (S1), penulis memiliki pengalaman organisasi sebagai Staff Muda Sekretaris Kabinet Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya (BEM Fapet UB) tahun 2017, Staff Ahli Kementerian Advokesma BEM Fapet UB 2018, Dirjen Advokasi BEM Fapet UB 2019, dan Ketua Umum Dewan Perwakilan Mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas



Brawijaya (DPM Fapet UB) pada tahun 2020. Penulis juga aktif dalam Kelompok Ilmiah Mahasiswa Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya sejak tahun 2017. Penulis pernah menjadi Koordinator Asisten Praktikum Biokimia pada tahun 2019 dan Asisten Mata Kuliah Industri Pengolahan Daging pada tahun 2020. Penulis juga aktif dalam Kegiatan Bisnis Mahasiswa Indonesia (KBMI) pada tahun 2020 dan Program Mahasiswa Wirausaha (PMW) Universitas Brawijaya pada tahun 2018. Penulis pernah menjadi pemakalah dalam Seminar “*The 3rd International Conference of Animal Science and Technology (ICAST)*” pada November 2020 dan Seminar Nasional PKM Center UNS pada Desember 2020.



KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Penurunan Kadar Air Madu Hutan Sumatra Menggunakan Evaporator Vakum Ditinjau dari Total Gula, Konduktivitas Elektrik, Intensitas Warna dan Aktivitas Antioksidan”. Penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini Penulis menyampaikan terimakasih yang mendalam kepada:

1. Dr. Ir. Agus Susilo, S.Pt., MP., IPM., ASEAN Eng. selaku Dosen Pembimbing yang telah memberikan bimbingan, saran serta motivasi yang membangun dan bermanfaat bagi Penulis.
2. PT. Kembang Joyo Sriwijaya yang telah mengizinkan dan membantu dalam proses penelitian.
3. Dr. Ir. Purwadi, MS. dan Dr. Ir. Siti Nurul Kamaliyah, MP. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan saran dalam penulisan skripsi.
4. Prof. Dr. Sc. Agr. Ir. Suyadi, MS., IPU., ASEAN Eng. selaku Dekan Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya yang telah mengizinkan jalannya penelitian.
5. Dr. Khothibul Umam Al Awwaly, S.Pt., M.Si selaku Ketua Jurusan Peternakan Universitas Brawijaya yang telah memfasilitasi proses penyelesaian skripsi.
6. Dr. Herly Eva Nuarini, S.Pt., MP. selaku Ketua Program Studi Peternakan beserta staff jajarannya yang telah memfasilitasi proses penyelesaian skripsi.
7. Dr. Ir. Imam Thohari, MP., IPM., ASEAN Eng. selaku Koordinator Minat Teknologi Hasil Ternak Fakultas



Peternakan Universitas Brawijaya yang telah memfasilitasi proses penyelesaian skripsi

8. Bapak Arif Amirul Hidayat dan Ibu Tutik Suryaningsih selaku orang tua dan keluarga yang telah membantu dan memotivasi penulis dalam menyusun skripsi.

9. Teman teman seperjuangan Nuril, Tika, Naili, Farikha, Elma, Ilmi, Perdana dan Mas Ilham Fithrah yang selalu ada untuk membantu dan memberi semangat motivasi.

Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat khususnya bagi Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan bagi pembaca pada umumnya .

Malang, 19 April 2021

**REDUCTION OF SUMATRA FOREST HONEY
MOISTURE CONTENT USING VACUM
EVAPORATOR JUDGING FROM TOTAL SUGAR,
ELECTRICAL CONDUCTIVITY, COLOR INTENSITY
AND ANTIOXIDANT ACTIVITY**

Sofia Aulia Hidayat¹⁾ and Agus Susilo²⁾

¹⁾ Student of Animal Science Faculty, Brawijaya University,
Malang, Indonesia

²⁾ Lecture of Animal Science Faculty, Brawijaya University,
Malang, Indonesia

Email : sofiaaulia@student.ub.ac.id

ABSTRACT

This research purpose to know the effect of reducing the moisture content of Sumatra forest honey using a vacum evaporator. The method was experimental with a completely randomized design consisting of four treatments and four replications. The treatment are reducing the moisture content of Sumatra forest honey from 26% to 25% (P1), 24 (P2), 23 (P3), 22% (P4). The data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), if the the test results make a defference, then carried out further test using Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The parameter of this reasearch are total sugar, electrical conductivity, color intensity and antioxidant activity. The results of this parameters are the total sugar content between 72.5% to 76% which has a very significant effect, electrical conductivity between 0.92 and 1.08 m/s which gave a significant effect as well as the color intensity of L*, a*, b* between 14.67 to 17.93 which did not affect, and antioxidant activity between 83,914% to 84.816% did not effect significant affect to the moisture content level of honey. The conclusion of this research showed that decreasing the moisture content of



honey to 22% using a vacuum evaporator can increase quality of honey based on total sugar, electrical conductivity, color intensity and antioxidant activity.

Keyword: honey quality, moisture content, vacuum evaporator



PENURUNAN KADAR AIR MADU HUTAN SUMATRA MENGUNAKAN EVAPORATOR VAKUM DITINJAU DARI TOTAL GULA, KONDUKTIVITAS ELEKTRIK, INTENSITAS WARNA DAN AKTIVITAS ANTIOKSIDAN

Sofia Aulia Hidayat¹⁾ dan Agus Susilo²⁾

¹⁾ Mahasiswa Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya,
Malang, Indonesia

²⁾ Dosen Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya, Malang,
Indonesia

Email : sofiaaulia@student.ub.ac.id

RINGKASAN

Madu hutan merupakan madu yang dihasilkan oleh lebah jenis *Apis dorsata* yang bersarang menggantung di dahan pohon. Kualitas madu dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti keadaan iklim, komposisi vegetasi pakan lebah, tingkat kematangan madu saat proses pemanenan, teknik pengemasan dan penyimpanan. Madu hutan Sumatra merupakan madu dengan proses pemanenan secara tradisional yang diambil pada batang pohon sehingga kadar air yang dimiliki relatif tinggi antara 24-28%. Kadar air madu yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2018 yaitu maksimal sebesar 22%. Kadar air yang tinggi menyebabkan madu mudah mengalami kerusakan dan dapat mengurangi daya simpannya. Kerusakan pada madu dapat disebabkan oleh fermentasi mikroorganisme dalam madu. Tujuan penelitian ini untuk meninjau penurunan kadar air madu hutan Sumatra menggunakan evaporator vakum melalui beberapa parameter.

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus sampai Oktober 2020, di PT. Kembang Joyo Sriwijaya, Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya dan Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang.

Materi Penelitian yang digunakan adalah madu hutan Sumatra yang didapat dari PT. Kembang Joyo Sriwijaya yang berasal dari Kabupaten Pelalawan Riau. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dan empat ulangan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Hasil analisis yang berbeda akan dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Perlakuan yang diberikan yaitu madu dengan kadar air 25% (P1), 24% (P2), 23% (P3), dan 22% (P4). Variabel yang diamati adalah total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penurunan kadar air madu hutan Sumatra dengan menggunakan evaporator vakum memberikan pengaruh yang sangat nyata ($P < 0,01$) terhadap total gula, memberikan pengaruh yang nyata terhadap konduktivitas elektrik ($P < 0,05$), tidak memberikan pengaruh terhadap intensitas warna L^*a^*b dan aktivitas antioksidan ($P > 0,05$). Penurunan kadar air madu hutan sumatra mulai dari 25% (P1), 24% (P2), 23% (P3) dan 22% (P4) berturut-turut menghasilkan total gula madu 72.750% brix $\pm 0,5$, 73.975% brix $\pm 0,05$, 74.925 % brix $\pm 0,299$, 75.525 % brix $\pm 0,33$, konduktivitas elektrik 0.96 m/s $\pm 0,043$, 1.015 m/s $\pm 0,023$, 1.035 m/s $\pm 0,017$, dan 1.037 m/s $\pm 0,43$, intensitas warna $L^*a^*b^*$ 15.272 $\pm 0,711$, 16.162 $\pm 0,731$, 15.801 $\pm 0,540$ dan 16.515 $\pm 1,023$, terhadap aktivitas antioksidan 83.914%, 84.473%, 84.816% dan 83.993%.



Kesimpulan dari penelitian ini adalah penurunan kadar air madu hingga 22% dapat meningkatkan kualitas madu dengan baik ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan madu.



DAFTAR ISI

Isi	Halaman
RIWAYAT HIDUP	iv
KATA PENGANTAR	v
ABSTRACT	viii
RINGKASAN	x
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR SINGKATAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	2
1.1 Latar Belakang	2
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Kegunaan Penelitian	4
1.5 Kerangka Pikir	4
1.6 Hipotesis	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Lebah <i>Apis dorsata</i>	9
2.2 Madu Hutan Sumatra	11
2.3 Evaporator Vakum	13
2.4 Kadar Air Madu	15
2.5 Total Gula	17
2.6 Intensitas Warna	18
2.7 Konduktivitas Elektrik	19
2.8 Aktivitas Antioksidan	21
BAB III MATERI DAN METODE PENELITIAN	23
3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian	23
3.2 Materi Penelitian	23
3.2.1 Alat dan Bahan	23
3.3 Metode Penelitian	24
3.4 Variabel Penelitian	25
3.4.1 Prosedur Penurunan Kadar Air	25



3.4.2	Prosedur Uji Kadar Air.....	25
3.4.3	Prosedur Analisa Intensitas Warna $L^*a^*b^*$	26
3.4.4	Prosedur Uji Total Gula.....	26
3.4.5	Prosedur Uji Aktivitas Antioksidan.....	26
3.4.6	Prosedur Uji Elektrik.....	27
3.5	Tahapan Penelitian	27
3.6	Batasan Istilah	28
BAB IV PEMBAHASAN		29
4.1	Total Gula.....	29
4.2	Nilai Konduktivitas Elektrik.....	31
4.3	Intensitas Warna $L^*a^*b^*$	33
4.4	Profil Aktivitas Antioksidan.....	36
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		39
5.1	Kesimpulan.....	39
5.2	Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA		40
LAMPIRAN.....		48



DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar Nasional Indonesia (SNI) 8664-2018.....	13
2. Denah Model Penelitian.....	24
3. Hasil rata-rata Total Gula Madu Hutan Sumatra	29
4. Hasil rata-rata Total Gula Madu Hutan Sumatra	31
5. Hasil Rataan Intensitas Warna L^*a^*b Madu Hutan Sumatra	34
6. Hasil rata-rata aktivitas antioksidan madu hutan sumatra	36



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran

Halaman

1. Analisis Data Total Gula Madu Hutan Sumatra.....	48
2. Analisis Data Konduktivitas Elektrik Madu Hutan Sumatra.....	53
5. Hasil pengamatan nilai warna Madu Hutan Sumatra	57
7. Dokumentasi Penelitian.....	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pikir Penelitian.....	7
2. Lebah <i>Apis dorsata</i>	10
3. Peta wilayah Kabupaten Pelalawan, Riau	12
4. Tahapan Penelitian	27
5. Tampilan profil warna madu setiap perlakuan.....	35



DAFTAR SINGKATAN

%	: Persen
% brix	: Persen Brix
° Brix	: Derajat brix
°C	: Derajat <i>Celsius</i>
m/s	: Meter per <i>second</i>
ml	: Mililiter
m	: Meter
km	: Kilometer
cm	: <i>Centimeter</i>
mg/kg	: Miligram per kilogram
ml	: Mililiter
min	: Minimum
maks	: Maksimum
kpa	: <i>Kilopascal</i>
atm	: Atmosfer
cmHg	: <i>Centimeter Hydragyrum</i>
PT	: Perseroan Terbatas
ANOVA	: <i>Analysis of Variance</i>
RAL	: Rancangan Acak Lengkap
SNI	: Standar Nasional Indonesia
DMRT	: <i>Duncan's Multiple Range Test</i>
CO ²	: Karbon dioksida



HMF : Hidroksimetilfurfural

mS/cm : Millisiemens/centimeter

L* : Lightness

a* : Redness

b* : Yellowness

nm : Nano meter

ΔE : Delta E

et al : *Et alii*

dkk : Dan kawan kawan

JK : Jumlah Kuadrat

KT : Kuadrat tengah

SE : *Standar Error*

RH : *Relative Humidity*

SD : Standar deviasi

FK : Faktor koreksi

db : Derajat bebas

r : *Replication*

JND : Jarak Nyata Duncan

JNT : Jarak Nyata Terkecil



BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Madu merupakan salah satu produk hasil hutan bukan kayu yang menjadi prioritas pengembangan dan komoditas unggulan. Produksi madu di Indonesia mencapai 498.048,65 liter/tahun (Anonymous, 2020) dengan tingkat konsumsi yang masih rendah. Menurut Ditjen BPDASPS (2009) dalam Pribadi dan Wiratmoko (2019) produksi madu di Indonesia didominasi oleh madu hutan sebanyak 70% dan sisanya dihasilkan oleh peternakan lebah madu (*Apis mellifera* dan *Apis cerana*). Madu hutan merupakan madu yang banyak dihasilkan oleh lebah jenis *Apis dorsata* yang bersarang menggantung di dahan pohon. Lebah hutan memakan nektar dari berbagai jenis bunga sehingga aroma dan rasa menjadi lebih kaya dan kompleks. Madu memiliki karakter yang berbeda-beda yang dipengaruhi oleh faktor eksternal dan internal seperti jenis bunga, musim, kondisi tanah, letak geografis, proses pengolahan dan proses penyimpanan (Evahelda, dkk., 2017). Kualitas madu juga dipengaruhi oleh faktor lingkungan seperti keadaan iklim, komposisi vegetasi pakan lebah, tingkat kematangan madu saat proses pemanenan, teknik pengemasan dan penyimpanan (Fatma, Haryantu dan Suedi 2017).

Kualitas madu di Indonesia dihadapkan pada wilayahnya yang memiliki kelembapan relatif udara yang tinggi mencapai 60-90% sehingga madu yang dihasilkan berkualitas rendah (Jaya, 2017). Madu memiliki sifat higroskopis sehingga mudah untuk menyerap air dari lingkungan sehingga akan mempengaruhi kadar air yang terkandung di dalamnya. Kadar air dalam madu selain dipengaruhi oleh kelembapan, juga dipengaruhi oleh kandungan air dalam nektar, besar kecilnya



koloni dan kekuatan koloni (Fatma, dkk. 2017). Umumnya madu hutan memiliki kadar air cukup tinggi (24-28%) yang menyebabkan madu hutan cenderung lebih encer dibandingkan madu ternakan. Madu hutan memiliki karakteristik yang sangat khas dibandingkan dengan madu dari lebah yang ditenakkan.

Kadar air madu yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2018 yaitu maksimal sebesar 22%. Kadar air yang tinggi menyebabkan madu mudah mengalami kerusakan dan dapat mengurangi daya simpannya. Kerusakan pada madu dapat disebabkan oleh fermentasi mikroorganisme dalam madu (Evahelda, dkk 2017). Madu mudah terfermentasi oleh khamir dari genus *Zygosaccharomyces*. Khamir akan mendegradasi gula menjadi alkohol. Alkohol yang dihasilkan dapat bereaksi dengan oksigen dan membentuk asam bebas seperti asam asetat dan asam oksalat yang dapat mempengaruhi kadar keasaman, rasa, dan aroma madu (Savitri, Hastuti dan Suedy 2017). Fermentasi madu dalam kemasan pada jangka waktu yang lama dapat merusak kemasan (pecah) dan juga mengakibatkan perubahan sensori serta menurunkan kandungan gizi dalam madu yang mengakibatkan penurunan kualitas madu (Amanto, Pamanto, dan Basito, 2012).

Pengurangan kadar air mengakibatkan meningkatnya viskositas sehingga madu tidak mudah terfermentasi (Amanto, dkk 2012). Penurunan kadar air madu dapat dilakukan dengan beberapa metode seperti pemanasan secara langsung (*pasteurisasi*), pemanasan tidak langsung (dehidrasi) dan penguapan (dehumidifikasi). Metode penurunan kadar air dapat dilakukan dengan beberapa alat seperti evaporator vakum, *dehydrator* vakum. Evaporasi dengan suhu terkontrol dapat menjaga kualitas fisik dan kandungan kimiawi berupa komponen bioaktif dalam madu. Perlakuan yang dapat



digunakan untuk meminimalisir kerusakan selama proses penurunan kadar air madu dengan menggunakan evaporator vakum. Berdasarkan uraian di atas, maka perlu dilakukan penelitian tentang penurunan kadar air madu hutan Sumatra menggunakan evaporator vakum terhadap kualitas madu yang dihasilkan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian di atas didapatkan rumusan masalah yaitu bagaimana kualitas madu hutan Sumatra melalui penurunan kadar air menggunakan evaporator vakum ditinjau dari kadar total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna, dan aktivitas antioksidan?

1.3 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kualitas madu hutan Sumatra melalui penurunan kadar air menggunakan evaporator vakum ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna, dan aktivitas antioksidan.

1.4 Kegunaan Penelitian

Kegunaan penelitian ini diharapkan dapat menjadi informasi bagi masyarakat dan industri produk perlembahan di Indonesia tentang kualitas madu hutan Sumatra melalui penurunan kadar air menggunakan evaporator vakum ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna, dan aktivitas antioksidan

1.5 Kerangka Pikir

Madu memiliki sifat higroskopis yang mudah menyerap air dan udara di sekitarnya. Kualitas madu bergantung pada kandungan kimiawi di dalam madu salah

satunya adalah kadar air. Tingkat kadar air pada madu dapat dipengaruhi juga oleh faktor iklim, penanganan pasca panen, jenis nektar yang dikumpulkan dan tingkat kematangan madu (Evahelda, dkk 2017). Kualitas madu di Indonesia dihadapkan masalah wilayah yang memiliki kelembapan relatif udara (RH) yang tinggi mencapai 60-90%, sehingga madu yang dihasilkan berkualitas rendah (Jaya, 2017). Madu hutan Sumatra merupakan madu dengan proses pemanenan secara tradisional yang diambil pada batang pohon sehingga kadar air yang dimiliki relatif tinggi antara 24-28%.

Tingginya kadar air dalam madu menyebabkan madu mudah terfermentasi oleh khamir dari genus *Zygosaccharomyces*. Khamir akan mendegradasi gula menjadi alkohol. Alkohol yang dihasilkan dapat bereaksi dengan oksigen membentuk asam bebas seperti asam asetat dan asam oksalat yang dapat mempengaruhi kadar keasaman, rasa, dan aroma madu (Savitri, dkk., 2017). Fermentasi madu dalam kemasan pada jangka waktu yang lama dapat merusak kemasan (pecah) dan juga mengakibatkan perubahan sensori serta menurunkan kandungan gizi dalam madu yang mengakibatkan penurunan kualitas madu (Amanto, dkk, 2012). Kadar air madu yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2018 yaitu maksimal sebesar 22%.

Penurunan kadar air merupakan upaya untuk mencegah kerusakan pada madu akibat proses fermentasi. Upaya untuk mengurangi kadar air pada madu dapat dilakukan dengan evaporator vakum. Evaporator vakum biasa digunakan untuk produk yang bersifat cair dengan proses evaporasi pada suhu terkontrol yang tidak melebihi 40°C sehingga diharapkan dapat menjaga kualitas serta komponen bioaktif dalam madu. Menurut penelitian Da silva, et al., (2013) proses evaporasi



dalam vakum *rotary* dilakukan pada suhu 40°C untuk menjaga senyawa fenolik dalam madu. Madu hutan Sumatra memiliki warna gelap dan diindikasikan bahwa madu yang berwarna gelap umumnya memiliki kandungan senyawa fenolat yang tinggi (Ratnayani, Laksmiati, dan Septian, 2012). Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Nazaruddin, Hapsoh dan Afrian (2018) kadar air maksimum yang diperbolehkan yaitu 22% dan pemanasan pada madu tidak boleh melebihi 40°C.

Evaporasi pada rentang suhu 40-60°C tidak menyebabkan terjadinya kerusakan (*caramelisasi*) pada gula (glukosa dan fruktosa) dalam madu. Proses penguapan pada suhu 40°C membutuhkan waktu 12 jam untuk mencapai kadar air 21,9 %, pada suhu 50° C membutuhkan waktu 7 jam untuk mencapai kadar air 21,8 % dan pada suhu 60° C membutuhkan waktu 4 jam untuk mencapai kadar air 22,0 % dari madu yang memiliki kadar air 30% (Amanto, dkk (2012). Penurunan kadar air madu menggunakan evaporator vakum pada suhu terkontrol diharapkan dapat menjaga kualitas madu baik bioaktif madu, mencegah fermentasi berkepanjangan yang berakibat pada pecahnya kemasan, perubahan sensori, menurunnya gizi dan kualitas madu. Berdasarkan uraian diatas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kualitas madu ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan. Berikut merupakan kerangka pikir penelitian yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Madu memiliki sifat higroskopis dan wilayah Indonesia memiliki kelembaban udara relatif yang tinggi mencapai 60-90% sehingga madu yang dihasilkan berkualitas rendah (Jaya, 2017).

Kadar air madu menentukan kualitas madu, meliputi kandungan total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan.

Madu hutan Sumatra merupakan madu dengan proses pemanenan secara tradisional yang diambil pada batang pohon sehingga kadar air yang dimiliki relatif tinggi antara 24-28%.

Kadar air yang tinggi dalam madu menyebabkan madu mudah terfermentasi oleh khamir dari genus *Zygosaccharomyces* yang dapat merusak kemasan (pecah) dan terjadinya perubahan sensori serta menurunkan kandungan gizi dalam madu yang berpengaruh pada penurunan kualitas madu (Amanto, dkk, 2012).

Kadar air madu yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) tahun 2018 yaitu maksimal sebesar 22%.

Upaya untuk mengurangi kadar air pada madu dapat dilakukan dengan evaporator vakum.

Penurunan kadar air dengan menggunakan evaporator vakum akan meningkatkan kualitas madu yang dihasilkan ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan.

Proses evaporasi dalam vakum *rotary* dilakukan pada suhu 40°C untuk menjaga senyawa fenolik dalam madu (Da Silva et al., 2016).

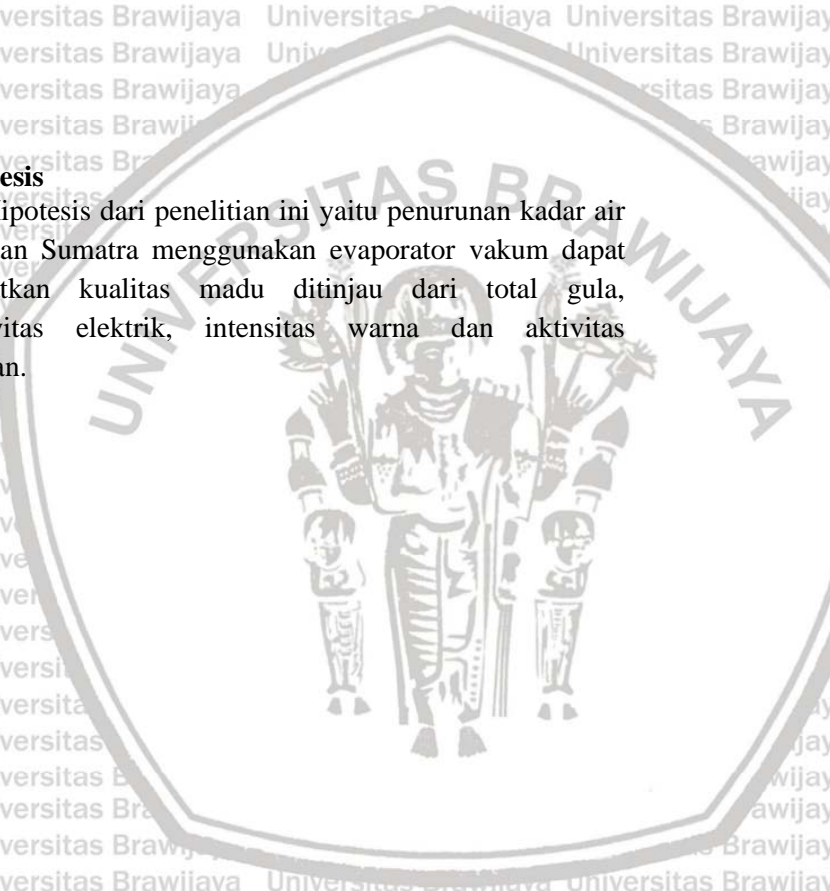
Kadar air maksimum yang diperbolehkan yaitu 22% dan pemanasan pada madu tidak boleh melebihi 40°C (Nazaruddin, Hapsah dan Darmawan, 2020).

Evaporasi pada rentang suhu 40-60°C tidak menyebabkan terjadinya kerusakan (*caramelisasi*) pada gula (glukosa dan fruktosa) dalam madu (Nazaruddin dkk, 2020).

Gambar 2. Kerangka Pikir Penelitian

1.6 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini yaitu penurunan kadar air madu hutan Sumatra menggunakan evaporator vakum dapat meningkatkan kualitas madu ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Lebah *Apis dorsata*

Apis dorsata merupakan spesies lebah madu asli Indonesia dengan ukuran tubuh paling besar. Lebah ini sangat agresif dibandingkan dengan spesies lebah madu lain yang terdapat di Indonesia. Sarang *Apis dorsata* hanya terdiri dari satu sisiran sarang tetapi amat besar dengan ukuran luas mencapai lebih dari 1 m². Sarangnya juga terdapat di tempat terbuka, menggantung pada dahan pohon- pohon yang besar setinggi lebih dari 10 m di atas permukaan tanah. Letak sarang *Apis dorsata* biasanya berdekatan satu dengan yang lain, pada satu pohon dapat ditemukan puluhan koloni (Semuel, Eva dan Jacklin, 2019).

Apis dorsata merupakan jenis lebah yang paling produktif di Asia Tropis. Menurut Sari (2009) dalam Sutrisno dan Wahyudi (2015) *Apis dorsata* atau lebah hutan adalah salah satu jenis lebah madu asli Indonesia yang sampai sekarang masih merupakan penghasil madu dengan produktivitas paling tinggi. Hasil pemungutan madu hutan diyakini merupakan penyumbang terbesar produksi madu dalam negeri Indonesia. Menurut Partosoedjono (1992), secara taksonomi lebah madu diklasifikasikan sebagai berikut, gambar lebah *Apis dorsata* dapat dilihat pada Gambar 2.

Kingdom : *Animalia*

Phyllum : *Arthropoda*

Kelas : *Insecta* atau *Hexapoda*

Ordo : *Hymenoptera*

Famili : *Apidae*



Genus : *Apis jenis, Apis florea, Apis cerana, Apis mellifera, Apis dorsata, Apis koschevnikovi, Apis adeniformis*



Gambar 3. Lebah *Apis dorsata*
(Sumber: <http://idtools.org/id>)

Lebah madu termasuk serangga sosial yang dalam hidupnya membentuk koloni dan terdapat pembagian tugas di antara anggotanya. Setiap koloni terdiri dari satu ekor ratu lebah (*queen*), beberapa puluh sampai beberapa ratus ekor lebah jantan (*drone*), dan beribu-ribu lebah pekerja (*worker*). Nektar dan serbuk sari merupakan makanan eksklusif yang secara alami hanya dapat diperoleh dari tumbuhan. Hutan dengan kekayaan flora berbunga yang tinggi dan beragam menjadi habitat yang baik yang mampu menyediakan pakan bagi lebah madu (Adalina, 2018). Menurut Purnomo (2006) dalam Sutsrisno dan Wahyudi (2015) ciri-ciri pohon yang menjadi tempat bersarang lebah hutan (*Apis dorsata*): (i) pohon cukup tinggi (40-60 m), sehingga sarang tidak mudah diganggu, (ii) cabang pohon hampir horizontal (memudahkan lebah untuk membuat sarang), (iii) kulit batang tidak mengelupas, licin dan halus (sarang melekat kuat pada cabang), (iv) lingkungan

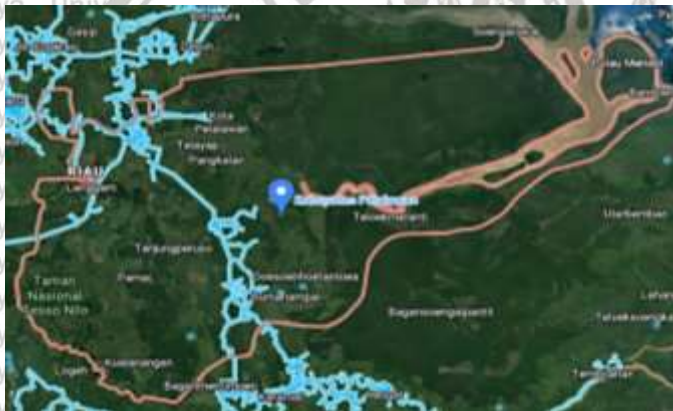
sekitar pohon dekat dengan sumber air dan pakan (nektar dan pollen).

2.2 Madu Hutan Sumatra

Madu hutan adalah cairan alami yang umumnya memiliki rasa manis yang dihasilkan oleh lebah liar *Apis dorsata* dan atau lebah liar *Apis spp.* dari sari bunga tanaman hutan pada floral nektar atau bagian lain dari tanaman hutan pada ekstrafloral (SNI, 2018). Sumatra merupakan salah satu pulau yang kaya akan keanekaragaman hayati dan sekitar 53% wilayahnya merupakan daerah pertanian, perkebunan, hutan alam, taman nasional, hutan lindung dan daerah pantai. Salah satu kabupaten penghasil madu hutan di wilayah Sumatra ialah Kabupaten Pelalawan. Kabupaten Pelalawan yang memiliki ketinggian wilayah 0-500 mdpl pada umumnya merupakan dataran rawa gambut, dataran alluvial sungai dengan daerah dataran banjirnya. Berdasarkan kondisi geografisnya hampir seluruh kecamatan di Kabupaten Pelalawan memiliki sungai. Kabupaten Pelalawan terdapat Sungai Kampar yang panjangnya ± 413.5 km (Anonymous, 2015).

Menurut Sutrisna dan Wahyudi (2015) tempat bersarang lebah hutan yaitu pada pohon sialang. Hal ini karena lebah hutan menyukai bersarang di pohon-pohon yang tinggi dan banyak cabang. Sialang adalah jenis pohon yang besar dan tinggi batangnya, garis tengah batang pohonnya bisa mencapai 100 cm atau lebih, dan tingginya bisa mencapai 26 sampai 30 meter. Lebah hutan akan membangun sarangnya pada dahan-dahan pohon. Satu pohon memiliki kapasitas sampai 50 sarang bahkan lebih, tiap sarang berisi sampai kurang lebih 10 kilogram madu asli. Banyaknya aliran sungai pada Kabupaten Pelalawan membuat masyarakat banyak memelihara vegetasi di

sepanjang pinggir sungai sehingga dapat menambah variasi pakan yang akan dikonsumsi oleh lebah hutan. Gambar peta wilayah Kabupaten Pelalawan dapat dilihat pada gambar 3.



Gambar 4. Peta wilayah Kabupaten Pelalawan, Riau

Umumnya madu hutan memiliki kadar air yang cukup tinggi (24-28%) yang menyebabkan madu hutan cenderung lebih encer dibandingkan madu ternakan (Nazaruddin dkk, 2020). Hal ini disebabkan karena sifat madu yang mudah menyerap kandungan air di lingkungan sekitarnya atau bersifat higroskopis. Beberapa sifat fisikokimia madu hutan yakni kadar air yang tinggi karena sarangnya yang terbuka di alam, kadar abu, keasaman, kadar gula pereduksi dan sifat cemaran logam. Karakteristik fisik dan kimia madu berbeda-beda tergantung pada faktor internal dan eksternal. Faktor internal diantaranya jenis bunga. Faktor eksternal seperti musim, kondisi tanah dan penyimpanan (Evahelda, dkk. 2017). Madu hutan cenderung memiliki warna yang lebih gelap dibandingkan mdengan madu ternakan. Menurut Somerville (2005) dalam Pribadi dan

Wiratmoko (2019) madu yang memiliki warna lebih gelap memiliki kandungan mineral yang lebih banyak dibandingkan madu yang berwarna terang. Madu yang memiliki warna lebih gelap juga menunjukkan kandungan senyawa phenolik yang lebih tinggi dibandingkan madu berwarna terang. Persyaratan mutu madu sesuai Standar Nasional Indonesia (SNI) 8664-2018 dapat dilihat pada Tabel 1.

No.	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan Madu Hutan
A	Uji organoleptik		
1	Bau		Khas madu
2	Rasa		Khas madu
B	Uji laboratoris		
1	Aktivitas enzim diastase	DN min 1*)	DN min 1*)
2	Hidroksimetilfurfural (HMF)	mg/kg maks 40	mg/kg maks 40
3	Kadar air	% b/b	Maks 22
4	Gula pereduksi (dihitung sebagai glukosa)	% b/b	Min 65
5	Sukrosa	% b/b	Maks 5
6	Keasaman	ml NaOH/kg	Maks 50
7	Padatan tak larut dalam air	% b/b	Maks 0,5
8	Abu	% b/b	Maks 0,5
9	Cemaran logam		
	9.1 Timbal (Pb)	mg/kg	maks 1,0
	9.2 Cadmium (Cd)	mg/kg	maks 0,2
	9.3 Merkuri (Hg)	mg/kg	maks 0,03
10	Cemaran arsen (As)	mg/kg	maks 1,0
11	Kloramfenikol	mg/kg	

CATATAN *) Persyaratan ini berdasarkan pengujian setelah madu dipanen

Sumber: Standar Nasional Indonesia (SNI) 2018

Tabel 1. Standar Nasional Indonesia (SNI) 8664-2018

2.3 Evaporator Vakum

Upaya menurunkan kadar air madu untuk mencegah terjadinya fermentasi dapat dilakukan melalui pemanasan tidak langsung menggunakan evaporator vakum dengan proses penguapan (Siregar, 2002 dalam Kalimah, Akabr dan Jauhari



2018). Prinsip kerja penggunaan evaporator vakum yaitu dengan menempatkan air yang digunakan sebagai media pemanas di sekitar dinding evaporator vakum. Air panas yang berasal dari dua pemanas bersifat konduktif untuk menghantarkan panas melalui dinding evaporator vakum. Madu di dalam evaporator diatur dengan tekanan di bawah 1 atm melalui komponen system kontrol tekanan.

Mesin evaporator memiliki tiga komponen yaitu yaitu temperatur, tekanan dan rotasi sekrup. Suhu dipertahankan di bawah 40°C , tekanannya sekitar $7,4 \text{ kPa atm}$ dan putaran sekrup motor listrik berada pada kecepatan tertentu (Nazaruddin, et al., 2020). Mesin evaporator vakum dilengkapi dengan pengaduk dan *screw* yang berfungsi untuk mengkondisikan madu yang berada di ruang vakum agar tetap bergerak, sehingga madu terus mengalir dari bagian bawah ke bagian atas membuat madu akan lebih cepat merata proses pemanasan dan penguapannya. Sistem kontrol pada putaran *screw* menggunakan jenis sistem kontrol terbuka. Beroperasi dengan perintah tanpa melakukan perhitungan. Sistem akan aktif dengan menekan tombol pada kotak panel, sehingga motor sebagai aktuator akan aktif menggerakkan *screw* (Darmawan dan Nazaruddin, 2015).

Proses penguapan pada evaporator vakum dapat dilakukan dengan temperatur rendah dan tekanan vakum yang sesuai dengan standar setiap bahan pangan. Evaporasi menghasilkan sisa penguapan berupa zat cair, zat cair yang sangat kental tetapi bukan zat padat. Mesin evaporator vakum bekerja pada kondisi vakum, yaitu dibawah tekanan 1 atm. Kompresor vakum bekerja sampai pada tekanan -70cmHg pada temperatur yang telah mencapai 40°C (Darmawan dan Nazaruddin, 2015). Evaporator vakum membuat suatu cairan

dapat mencapai titik didih dengan suhu yang masih rendah akibat penurunan tekanan dalam ruang vakum sehingga membutuhkan waktu dan suhu yang singkat untuk mendidih.

2.4 Kadar Air Madu

Kadar air merupakan salah satu parameter utama dalam penentuan kualitas madu (Pribadi dan Enggar, 2018). Berdasarkan batasan yang dikeluarkan oleh *Codex alimentarius* (2011) yang menjelaskan parameter kadar air sebagai salah satu persyaratan madu dunia tidak boleh dari 19,6%. Standar kadar air madu di Indonesia telah diatur dalam SNI 8664-2018 bahwa kadar air madu maksimal yaitu 22%. Madu yang memiliki sifat higroskopis akan mudah menyerap kandungan air yang berada di udara bebas. Kadar air yang tinggi dapat mempercepat proses fermentasi madu. Kelembapan relatif (Rh) Indonesia berkisar 60% hingga 90%, menghasilkan kadar air madu sekitar 18,3% sampai 33,1% (Wulandari, 2017). Faktor internal yang mempengaruhi kadar air madu salah satunya yaitu kekuatan koloni lebah seperti produktivitas ratu, jumlah populasi koloni, dan jumlah eraman, ketiga hal tersebut mempengaruhi keadaan koloni lebah madu di dalam sarang, lebah dengan koloni kuat akan lebih efisien selama proses termoregulasi suhu dalam sarang, proses penganginan (evaporasi) madu berlangsung sempurna, sehingga madu dalam sisiran akan lebih cepat menutup sarangnya (Fatma, dkk 2017).

Tingkat kematangan madu mempengaruhi kadar air madu hutan. Menurut Pribadi dan Purnomo (2013), madu yang matang adalah madu yang telah tertutup oleh lilin. Panen madu dari sisiran madu yang telah tertutup lilin sedikitnya 80% akan mengurangi tingkat kerentanan madu dari fermentasi, hal ini disebabkan karena rendahnya kadar air pada

madu tersebut. Madu yang dipanen pada umur tua mempunyai kadar air lebih sedikit daripada madu yang dipanen pada umur yang lebih muda. Semakin lama madu dalam sarang lebah maka penguapan kadar air pada madu akan semakin sempurna (Wulandari, 2017). Kadar air madu dipengaruhi kelembapan udara di sekitarnya. Semakin tinggi kelembapan lingkungan maka kadar air madu akan semakin tinggi pula. Tingkat kelembapan 51% menghasilkan kadar air madu 16,1% dan kelembapan 81% menghasilkan kadar air madu 33,4% (Evahelda, dkk. 2017). Hal ini disebabkan karena madu mempunyai sifat higroskopis (Nanda, Lilik dan Djalal, 2014). Sifat higroskopis madu disebabkan madu merupakan larutan jenuh gula dengan gugus OH bebas yang reaktif. Sifat higroskopis madu juga diduga karena nilai pH rendah yang memungkinkan mikroba mengalami dehidrasi dan tidak memungkinkan untuk tumbuh (Haqiqi, 2015).

Kadar air yang tinggi menyebabkan madu mudah mengalami kerusakan dan dapat mengurangi daya simpannya. Kerusakan pada madu dapat disebabkan oleh fermentasi mikroorganisme dalam madu (Evahelda, dkk 2017). Madu mudah terfermentasi oleh khamir dari genus *Zygosaccharomyces*. Khamir akan mendegradasi gula menjadi alkohol. Apabila alkohol bereaksi dengan oksigen, alkohol tersebut akan membentuk asam bebas seperti asam asetat dan asam oksalat yang dapat mempengaruhi kadar keasaman, rasa, dan aroma madu (Savitri, Endah dan Sri, 2017). Fermentasi madu dalam kemasan pada jangka waktu yang lama dapat merusak kemasan (pecah) dan juga mengakibatkan perubahan sensori serta menurunkan kandungan gizi dalam madu yang mengakibatkan penurunan kualitas madu (Amanto, Nur, dan Basito, 2012).



2.5 Total Gula

Kualitas madu dapat dilihat dari beberapa uji kualitas madu seperti uji total gula. Pembacaan nilai kadar gula total madu menggunakan alat refraktometer madu dinyatakan dalam satuan brix. Derajat brix, juga dikenal sebagai °Brix, Brix, % Brix, yaitu unit pengukuran konsentrasi gula dari cairan. Suatu larutan memiliki satu derajat Brix (= 1% Brix) jika memiliki indeks bias yang sama sebagai larutan 1 g sukrosa dalam 100 g larutan air sukrosa. Kadar gula total secara umum dipengaruhi oleh kadar air dan keasaman. Kadar air tinggi pada madu akan merangsang aktivitas khamir untuk tumbuh dan berkembang sehingga khamir dalam madu akan mendegradasi gula (glukosa dan fruktosa) menjadi alkohol dan CO² yang menyebabkan madu menjadi tambah asam sehingga kandungan glukosa dan fruktosa dalam madu menjadi semakin rendah (Savitri dkk., 2017).

Madu memiliki kandungan total gula sebanyak 70-80%. Semakin tinggi kadar gula, madu akan semakin kental, dan sifat higroskopisnyapun semakin tinggi. Kadar gula yang terkandung dalam madu menyebabkan madu memiliki sifat osmotik yang karenanya dapat menghambat pertumbuhan bakteri. Kadar gula yang tinggi juga mempengaruhi rasa dan umur simpan madu serta menyebabkan warna lebih gelap (Eleazu dkk., 2013). Jenis gula atau karbohidrat yang terdapat di dalam madu alami yakni fruktosa, yang memiliki kadar tertinggi, yaitu mencapai 38,5 gram per 100 gram madu alami. Sementara untuk kadar glukosa, maltosa dan sukrosanya rendah (Sumantri, Budiarti dan Parmeita, 2013)

Perbedaan kadar gula total dalam madu dapat terjadi karena adanya perbedaan lokasi geografis budidaya lebah madu, perbedaan geografis menyebabkan perbedaan keadaan



iklim, faktor lingkungan, komposisi tanah, komposisi vegetasi tumbuhan, kualitas nektar, dan kondisi penyimpanan. Komposisi gula nektar bervariasi sekitar 4-80% tergantung jenis volume dan konsentrasi sekresi bunga, spesies tanaman dan kondisi lingkungan, utamanya komposisi disakarida, dan trisakarida nektar (Bogdanov, 2004). Rendahnya kadar gula dapat disebabkan oleh adanya dekomposisi gula menjadi asam organik karena terjadinya fermentasi dan peningkatan *HMF* (Hidroksimetilfurfural) oleh adanya peningkatan tingkat keasaman dan suhu madu (Fatma, dkk. 2017).

2.6 Intensitas Warna

Klasifikasi madu dapat dibedakan berdasarkan warna. Madu yang berwarna cerah mengandung lebih banyak gula dibandingkan madu yang berwarna gelap. Warna gelap madu karena mengandung banyak komponen fenolik dibandingkan madu yang cerah (Eleazu dkk., 2013). Menurut Anchling (2007) dalam Evahelda, dkk (2017), madu yang berwarna gelap cenderung mengandung mineral lebih banyak dibandingkan yang berwarna terang. Warna madu juga diklasifikasikan berdasarkan tujuh warna, mulai dari putih transparan seperti air sampai gelap. Warna madu tergantung dari jenis tanaman asal dan sifat tanah, tetapi tingkatan pemanasan juga mempengaruhi warna. Pemanasan madu yang lama akan mempertua warna. Panas yang tinggi akan membentuk kerak gula yang berwarna coklat yang memberikan bau gosong pada madu. Warna madu tidak dapat dikatakan sebagai petunjuk kualitas dari madu. Warna madu yang semakin gelap dikatakan memiliki kandungan mineral yang cukup tinggi. (Amanto, dkk 2012).

Warna juga dapat menjadi indikator mutu karena madu menjadi semakin gelap dengan semakin lama penyimpanan dan

suhu yang tinggi. Warna madu dipengaruhi oleh nektar yang menjadi sumber madu, lama penyimpanan dan proses pengolahan atau pemanasan (Eleazu dkk., 2013). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmed, et al., (2016) terdapat korelasi positif yang kuat antara warna madu dan total kandungan fenolik madu. Hubungan yang terjadi yaitu antara kandungan fenolik dan warna madu Sahara karena ke dibuat oleh kompleks dengan mineral. Intensitas warna madu yang diolah dengan panas dapat meningkat dengan peningkatan suhu yang disebabkan oleh perlakuan panas yang diterapkan pada madu memulai reaksi biokimia dalam madu.

Warna madu tergantung pada jenisnya spesies lebah seperti *Trigona spp* akan menghasilkan madu berwarna lebih gelap dari pada *Apis spp*. Moniruzzaman *et al.* (2013) menjelaskan bahwa intensitas warna madu sangat berkorelasi dengan sifatnya senyawa antioksidan. Berdasarkan penelitian Moniruzzaman et al (2013) intensitas warna madu kelulut semakin tinggi berkorelasi dengan total kandungan fenolik dan total konten flavonoid. Hal tersebut menunjukkan madu kelulut itu dari *Trigona spp*. memiliki intensitas warna dan kadar senyawa antioksidan yang lebih tinggi dibandingkan dengan Tualang dan Akasia madu yang diproduksi oleh *Apis spp*.

2.7 Konduktivitas Elektrik

Konduktivitas elektrik adalah ukuran dari kemampuan suatu bahan untuk menghantarkan arus listrik. Konduktivitas elektrik dapat digunakan sebagai salah satu parameter untuk menentukan kualitas madu. Madu mengandung mineral dan asam, berfungsi sebagai elektrolit, yang dapat menghantarkan arus listrik (Apriani, dkk 2013). Madu yang berkualitas memiliki nilai konduktivitas elektrik di atas 0,024 *mS/*

cm (Lismayeni, Fitridhani, Yasmin dan Minarni, 2018). Total padatan terlarut merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi konduktivitas elektrik madu. Nilai konduktivitas elektrik madu dapat meningkat seiring dengan meningkatnya total padatan terlarut (Cahyani, Harmadi, dan Wildian, 2016).

Konduktivitas elektrik dipengaruhi oleh jumlah mineral yang terkandung dalam madu (Akbari, Beigbabaei dan Noghabi, 2019). Mineral yang terkandung di dalam madu antara lain kalium (K), natrium (Na), magnesium (Mg), fosfor (P), klor (Cl), besi (Fe), belerang (S), dan iodium (I). Mineral-mineral tersebut merupakan jenis ion yang dapat menghantarkan arus listrik, sehingga dapat mempengaruhi konduktivitas elektrik madu (Indriyani, Santoso dan Widodo, 2018). Madu terbukti memiliki daya hantar listrik yang kuat berkorelasi dengan keberadaan ion dan asam organik (Da Silva et al., 2016). Keberadaan air menghasilkan peningkatan jumlah ion dalam madu karena disosiasi semua elektrolit. Semakin encer larutan elektrolit, semakin rendah konduktivitasnya. Faktor utama yang mempengaruhi konduktivitas ionik dalam madu adalah kandungan air atau aktivitas air.

Berdasarkan penelitian Korus, et al., (2018) nilai konduktivitas elektrik tertinggi dimiliki oleh sampel madu yang mengkristal. Adanya konduktivitas listrik disertai dengan pembentukan pasangan ion yang tidak hanya bergantung pada elektrostatik interaksi antara kation dan anion tetapi juga pada spesifik dan lain-lain interaksi pelarut ion. Pemanasan madu pada suhu 30°C menghasilkan modifikasi perilaku konduktivitas listrik serta dalam perubahan struktur molekul ireversibel sehingga dibutuhkan suhu yang terkontrol (Korus, et al. 2017).

2.8 Aktivitas Antioksidan

Madu diketahui memiliki aktivitas antioksidan enzimatis dan nonenzimatis. Berbagai jenis madu mengandung berbagai fitokimia termasuk polifenol dan asam fenolik yang berperan sebagai antioksidan. Kandungan antioksidan dipengaruhi oleh perbedaan jenis tanaman, iklim, dan kondisi lingkungan. Aktivitas antioksidan suatu bahan dipengaruhi oleh kandungan senyawa fitokimia yang memiliki sifat antioksidan (Saputri dan Yolli, 2017). Senyawa tersebut diantaranya adalah asam fenolik, flavonoid, enzim (glukosa oksidase dan katalase), asam askorbat, karotenoid, asam organik, asam amino dan protein. Aktivitas antioksidan komponen fenolik berkontribusi terhadap kesehatan manusia.

Potensi antioksidan madu tergantung pada sumber nektar dan konsentrasi senyawa fenolik yang dikandungnya (Khalil dkk., 2012). Berbagai penelitian menyatakan bahwa, aktivitas antioksidan berhubungan dengan warna madu. Madu yang berwarna gelap memiliki kandungan senyawa fenolik dan antioksidan yang tinggi (Bertoncelj dkk., 2007 dalam Evahelda, dkk 2017). Sifat antioksidan dari madu yang berasal dari zat-zat enzimatis (misalnya, katalase, glukosa oksidase dan peroksidase) dan zat-zat nonenzimatis (misalnya, asam askorbat, α -tokoferol, karotenoid, asam amino, protein, produk reaksi Maillard, flavonoid dan asam fenolat). Jumlah dan jenis antioksidan ini sangat tergantung pada sumber bunga atau varietas madu, dan telah banyak penelitian yang menunjukkan bahwa adanya hubungan antara aktivitas antioksidan dengan kandungan total fenol (Khalil, 2012).

Menurut Sumarlin, dkk., (2018) pengaruh pemanasan pada proses diduga dapat meningkatkan pembentukan ikatan polifenol ke dalam melanoidin. Polifenol akan terikat pada

melanoidin madu dengan cara menghubungkannya dengan berat molekul polimer yang ada. Penggabungan kedua senyawa ini menyebabkan pergantian distribusi polifenol yang ditandai dengan meningkatnya fragmen senyawa dengan berat molekul besar dan diikuti dengan menurunnya fragmen senyawa dengan berat molekul kecil. Berdasarkan hal tersebut, diduga keberadaan fenolik pada melanoidin memberikan aktivitas antioksidan pada melanoidin. Turkmen, et.al., 2006 dalam Sumarlin, dkk (2018) menjelaskan bahwa peningkatan kemampuan antioksidan berbanding lurus dengan peningkatan suhu dari 50°C sampai 60°C tetapi pada suhu 70°C menurun. Peningkatan antioksidan sejalan dengan peningkatan suhu karena adanya pembentukan produk reaksi Maillard (Turkmen, 2006 dalam Sumarlin, dkk 2018).



BAB III MATERI DAN METODE PENELITIAN

3.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus hingga Oktober 2020 yang berlokasi di:

1. PT. Kembang Joyo Sriwijaya untuk proses pengambilan sampel madu.
2. Laboratorium Teknologi Hasil Ternak Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya, untuk pengujian total gula, konduktivitas elektrik, dan intensitas warna.
3. Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang untuk pengujian aktivitas antioksidan.

3.2 Materi Penelitian

Materi penelitian yang digunakan adalah madu hutan Sumatra yang didapatkan dari PT. Kembang Joyo Sriwijaya Karangploso, Kabupaten Malang, Jawa Timur. Madu hutan Sumatra murni dengan kadar air 26% diturunkan menjadi 25%, 24%, 23% dan 22% menggunakan evaporator vakum dengan kapasitas 50 kg kemudian dilakukan pengujian terhadap pengaruh sifat fisikokimia madu di laboratorium.

3.2.1 Alat dan Bahan

1. Evaporator vakum, saringan, timbangan duduk, panci besar untuk penurunan kadar air madu.
2. Hand refraktometer manual merk Atago dan akuades untuk pengecekan kadar air
3. Hand refraktometer HHR-2N merk Atago untuk menghitung total gula madu.



4. EC meter CT-6020A, *beaker glass*, timbangan digital, spatula, pipet tetes dan pot film, untuk pengujian konduktivitas elektrik.
5. Colorimeter Sc20 dan pot film untuk analisa intensitas warna.
6. Spektrofotometer untuk analisa aktivitas antioksidan.

3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental dengan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis dengan menggunakan *Analysis of Variance* (ANOVA). Apabila terdapat perbedaan maka akan dilanjutkan dengan Uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT). Penempatan percobaan yang digunakan dapat dilihat pada tabel. Denah model penelitian dapat dilihat pada tabel 2. Perlakuan yang diberikan sebagai berikut:

- P1 : Penurunan kadar air madu hingga 25%
 P2 : Penurunan kadar air madu hingga 24%
 P3 : Penurunan kadar air madu hingga 23%
 P4 : Penurunan kadar air madu hingga 22%

Tabel 2. Denah Model Penelitian

Perlakuan	Ulangan			
	U1	U2	U3	U4
P1	P1 U1	P1 U2	P1 U3	P1 U4
P2	P2 U1	P2 U2	P2 U3	P2 U4
P3	P3 U1	P3 U2	P3 U3	P3 U4
P4	P4U1	P4U2	P4U3	P4U4

3.4 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian adalah:

- a. Total Gula (U.S. Patent Application Publication, 2011 dalam Sarig, et al. 2011)
- b. Intensitas Warna $L * a * b *$ (CIE 2007 $L * a * b$)
- c. Konduktivitas Elektrik yang diukur menggunakan EC meter (International Honey Commision, 2002)
- d. Aktivitas antioksidan (Chua, L.S. et al., 2013).

3.4.1 Prosedur Penurunan Kadar Air

Penurunan kadar air madu dilakukan dengan menggunakan evaporator vakum. Dipersiapkan alat dan bahan. Dibuka penutup tabung evaporator vakum, kemudian madu dimasukkan ke dalam tabung evaporator vakum. Mesin evaporator vakum ditutup dengan menggunakan penutup tabung. Tekan tombol *on* untuk menyalakan mesin evaporator vakum. Suhu evaporator vakum diatur sesuai dengan kebutuhan (40° C), tekan tombol *heater*, *mixer* dan vakum secara berurutan. Pengecekan kadar air madu dapat dilakukan secara berkala setiap 30 menit dengan menggunakan *hand* refraktometer, ditunggu hingga kadar air madu menjadi 22% (Amanto dkk., 2012).

3.4.2 Prosedur Uji Kadar Air

Pengujian kadar air madu dilakukan dengan menggunakan alat bernama *hand* refraktometer. Sampel madu diletakan pada bagian prisma atau tempat sampel, kemudian ditutup dengan menggunakan *day light plate* (kaca). Kadar air madu dilihat dengan pembacaan skala menggunakan lensa *hand* refraktometer (SNI, 2013).

3.4.3 Prosedur Analisa Intensitas Warna $L^*a^*b^*$

Intensitas warna madu ditentukan dalam sistem $L^*a^*b^*$ pengukuran intensitas warna dilakukan dengan menempelkan sensor colorimeter Sc20 pada sampel sebanyak 3 kali dan diambil rata-rata nilai L , a dan b . L adalah tingkat kecerahan (*lightness*) koordinat cahaya yang memiliki rentang nilai 0-100. Nilai a adalah saturasi sumbu merah hijau, jika positif mengindikasikan warna merah dan nilai a negatif mengindikasikan warna hijau. Nilai b positif mengindikasikan warna kuning dan nilai b negatif mengindikasikan warna biru (CIE 2007 $L^*a^*b^*$).

3.4.4 Prosedur Uji Total Gula

Pengujian nilai gula total dengan satuan brik menggunakan refraktometer. Cara menggunakan refraktometer madu adalah plat cahaya dibuka lalu madu ditetaskan beberapa tetes hingga madu menutupi seluruh area biru. Hasilnya adalah nilai pada skala kemanisan yang tertera pada *view finder*. Nilai kemanisan yang dinyatakan dalam persen (%) (Savitri dkk., 2017). $^{\circ}\text{Bx}$ merupakan konsentrasi padatan terlarut dalam suatu larutan yang mengindikasikan jumlah persentasi gula dalam larutan, dimana 1°Bx merupakan 1 gram gula dalam 100 gram larutan.

3.4.5 Prosedur Uji Aktivitas Antioksidan

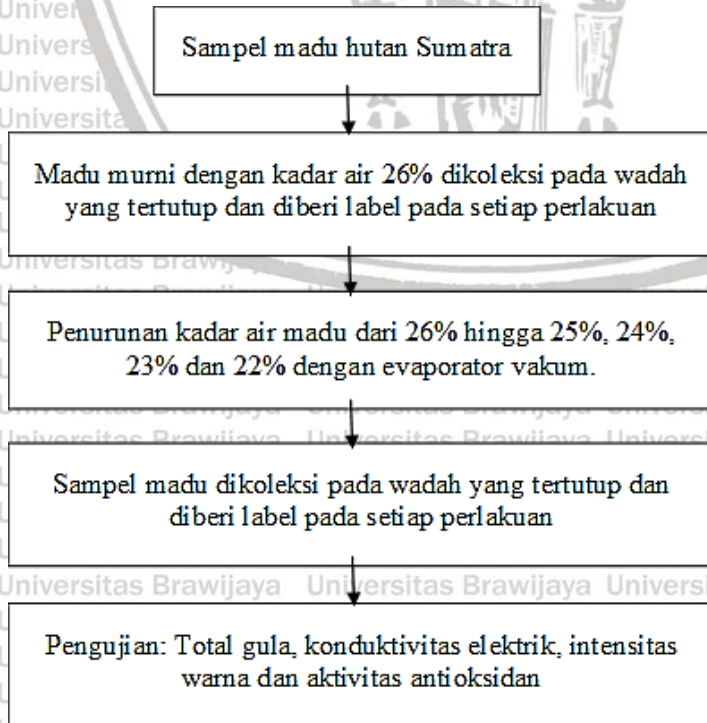
Analisa Aktivitas Antioksidan (Chua, L.S. et al., 2013) 0,75 mL larutan madu dan methanol dengan konsentrasi 20-40mg/mL ditambahkan 1,5mL larutan DPPH, lalu diukur absorbansinya pada panjang gelombang 517 nm.



3.4.6 Prosedur Uji Konduktivitas Elektrik

Penentuan nilai konduktivitas elektrik madu dilakukan dengan menimbang sampel sebanyak 10 gram (20% bobot/volume) menggunakan timbangan digital, sampel madu dilarutkan dengan aquades sebanyak 50 ml dalam beaker glass dan dihomogenkan. Pengukuran konduktivitas elektrik dilakukan dengan mencelupkan elektroda EC meter ke dalam larutan sampel madu (*International Honey Commission, 2002*).

3.5 Tahapan Penelitian



Gambar 5. Tahapan Penelitian

3.6 Batasan Istilah

- a. Kadar air madu merupakan banyaknya air yang terkandung dalam madu dan dinyatakan dalam persen (%).
- b. Total gula merupakan kadar gula total dinyatakan dalam satuan %Brix yang menunjukkan ukuran tingkat persentase gula total dalam madu pada penelitian ini.
- c. Konduktivitas elektrik adalah kemampuan madu untuk menghantarkan arus listrik dalam satuan m/s.
- d. Intensitas warna merupakan tingkat indikator warna berdasarkan nilai kecerahan (L), kemerahan (a^*) dan kekuningan (b^*) madu yang diakumulasi dalam nilai *delta E*.
- e. Profil aktivitas antioksidan merupakan gambaran persentase sifat antioksidan dalam madu.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Total Gula

Hasil uji menunjukkan penurunan kadar air pada madu hutan Sumatra memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kandungan total gula madu ($p < 0.01$). Berdasarkan hasil pengujian sampel menunjukkan bahwa penurunan kadar air pada madu diiringi dengan meningkatnya kandungan total gula. Kandungan total gula terendah yaitu 72,75% brix berada pada madu dengan kadar air tertinggi sebanyak 25% dan total gula tertinggi yaitu 76% brix pada madu dengan kadar air paling rendah sebanyak 22%. Hasil pengujian total gula dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil rata-rata Total Gula Madu Hutan Sumatra

Perlakuan	Total gula (% brix)
P1	72.75±0.50 ^a
P2	73.97±0.05 ^b
P3	74.92±0.29 ^c
P4	75.52±0.33 ^c

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan pada masing-masing perlakuan.

Rataan nilai total gula madu yang dihasilkan berada di atas 65% melampaui batas minimal kandungan gula pereduksi pada SNI 8664-2018. Madu memiliki kandungan total gula hingga 70-80% (Eleazu dkk, 2013). Setiap 1% brix memiliki nilai yang setara dengan 1 gram sukrosa dalam 100 gram larutan (Savitri, dkk., 2017). Madu alami memiliki beberapa jenis gula



dengan konsentrasi tertinggi berupa fruktosa yang mencapai 38,5 gram per 100 gram serta kadar glukosa, maltosa dan sukrosanya rendah (Sumantri, Budiarti dan Parmeita, 2013). Hasil rata-ran nilai total gula pada semua sampel perlakuan juga telah memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh *Codex Alimentarius* 2001 yaitu total gula tidak kurang dari 60 gram/100gram. Tingkat sukrosa dalam beberapa standar terbilang sangat minim yaitu untuk SNI sebanyak 5% dan pada *Codex Alimentarius* dengan tidak melebihi 5gram/100 gram. Hal ini dapat disebabkan oleh kandungan sukrosa madu alami yang rendah, sehingga apabila ditemukan madu dengan sukrosa tinggi dapat menjadi indikasi terjadinya pemalsuan.

Berdasarkan hasil rata-ran kadar air, semakin rendah kadar air madu akan menyebabkan konsentrasi gula pada madu semakin tinggi yang ditandai dengan semakin meningkatnya nilai persen brix madu. Menurunnya kadar air akan meningkatkan kandungan padatan terlarut akibat panas saat proses evaporasi sehingga hal ini dapat meningkatkan serapan refraktometer untuk mendeteksi sebagai total gula. Kandungan glukosa dan fruktosa dalam madu dapat menyebabkan terjadinya kristalisasi. Kristalisasi pada madu terjadi pada madu yang memiliki kandungan gula yang tinggi. Gula akan menjadi kristal glukosa monohidrat, kemudian kristal akan memisahkan diri dari air dan fruktosa (Evahelda, dkk. 2015). Menurut Nirwantoro dan Hermawati (2012) kristalisasi atau granulasi dapat dihilangkan dengan proses pemanasan sehingga proses penurunan kadar air dengan evaporator vakum juga dapat memperpanjang masa simpan.

Nilai total gula terendah terdapat pada madu dengan kadar air tertinggi sebesar 25%. Kadar air yang tinggi dalam madu diimbangi dengan rendahnya konsentrasi gula dalam

madu. Menurut Fatma, dkk. (2017) rendahnya kadar gula madu dapat disebabkan oleh adanya dekomposisi gula menjadi asam organik karena terjadinya fermentasi dan peningkatan HMF (Hidroksimetilfurfural). Kadar air pada madu dapat memicu aktivitas khamir untuk tumbuh dan berkembang sehingga menyebabkan proses fermentasi. Khamir penyebab fermentasi pada madu berasal dari genus *Zygosaccharomyces* yang tahan terhadap konsentrasi gula tinggi sehingga dapat hidup dan berkembang dalam madu. Keberadaan khamir pada madu dapat mendegradasi gula seperti dekstrosa dan levulosa menjadi alkohol dan CO² sehingga berpengaruh terhadap kandungan gula total madu (Wulandari dkk, 2017). Total gula madu dipengaruhi oleh kandungan sukrosa yang merupakan jenis gula utama dari nektar. Komponen sukrosa pada madu dapat dipecah oleh enzim invertase menjadi gula sederhana yaitu fruktosa dan glukosa yang merupakan jenis gula pereduksi (Amanto dkk, 2012).

4.2 Nilai Konduktivitas Elektrik

Penurunan kadar air memberikan pengaruh yang nyata terhadap konduktivitas atau daya hantar listrik madu ($p < 0.05$). Hasil pengujian konduktivitas elektrik dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Hasil rata-rata Total Gula Madu Hutan Sumatra

Perlakuan	Konduktivitas elektrik (m/s)
P1	0.960±0.043 ^a
P2	1.015±0.023 ^b
P3	1.035±0.017 ^b
P4	1.037±0.43 ^b

Keterangan: Superskrip yang berbeda pada kolom yang sama menunjukkan adanya perbedaan pada masing-masing perlakuan.



Rataan nilai konduktivitas terendah yaitu 0,960 m/s berada pada madu dengan kadar air paling tinggi yaitu 25% dan nilai konduktivitas paling tinggi yaitu 1,037 m/s berada pada madu dengan kadar air paling rendah yaitu 22%. Nilai maksimum konduktivitas elektrik madu ditentukan oleh standar *Codex Alimentarius* 2001 yang tidak melebihi 0,8 m/s sehingga nilai konduktivitas elektrik pada madu yang dihasilkan pada penelitian ini dikategorikan melebihi standar. Nilai konduktivitas elektrik yang melebihi standar tidak mempengaruhi kualitas madu yang dihasilkan karena adanya korelasi antara konduktivitas elektrik dan *total dissolved solid* pada madu. *Total dissolved solid* merupakan nilai total padatan yang terlarut dalam madu yang dapat bersumber dari berbagai zat yang dapat larut dan memiliki kemampuan ionisasi sehingga dapat menambah nilai konduktivitas larutan. Nilai *total dissolved solid* madu pada sampel penelitian berkisar antara 280 hingga 302 ppm, hal ini termasuk dalam kategori yang sangat baik karena masih dalam rentang nilai 1 hingga 300 ppm (Khairunnas dan Gusman, 2018).

Tingginya nilai konduktivitas elektrik madu dapat disebabkan oleh kandungan mineral pada madu. Menurut Akbari, Beigbabaie dan Noghabi (2019) konduktivitas elektrik dipengaruhi oleh jumlah mineral yang terkandung dalam madu. Mineral dalam madu seluruhnya berasal dari nektar bunga yang dipengaruhi oleh tanah dimana bunga tersebut tumbuh. Mineral dalam madu ditentukan berdasarkan mineral total yang diukur sebagai kadar abu (Antary, dkk., 2013). Madu hutan Sumatra merupakan madu dengan sumber nektar dari berbagai vegetasi tanaman yang ada di hutan sehingga hal tersebut berpotensi untuk meningkatkan kandungan mineral pada madu. Keberadaan serbuk sari dalam madu juga dapat mempengaruhi



kandungan kimiawi madu. Hal ini disebabkan oleh aktivitas lebah yang tidak jarang membawa serbuk sari bunga pada kaki lebah untuk bercampur dengan madu yang dihasilkan.

Serbuk sari bunga merupakan salah satu sumber asam organik dalam madu. Menurut Da silva et al., (2016) daya hantar listrik madu berkorelasi dengan keberadaan ion dan asam organik sehingga keberadaan serbuk sari juga berpotensi untuk meningkatkan nilai konduktivitas elektrik pada madu yang dihasilkan pada penelitian. Penurunan kadar air madu dapat meningkatkan konsentrasi padatan terlarut dalam madu. Berdasarkan penelitian Korus, et al., (2017) nilai konduktivitas elektrik tertinggi dimiliki oleh sampel madu yang mengkristal. Kristalisasi merupakan proses yang diakibatkan oleh adanya gula pada madu. Madu terdiri dari larutan jenuh gula dengan gugus OH bebas yang reaktif (Haqiqi, 2015). Adanya konduktivitas elektrik akan disertai dengan pembentukan pasangan ion yang tidak hanya bergantung pada elektrostatis interaksi antara kation dan anion tetapi juga pada spesifik dan lain-lain interaksi pelarut ion sehingga hal tersebut dapat meningkatkan nilai konduktivitas madu yang dihasilkan (Korus et al., 2017).

4.3 Intensitas Warna L^* , a^* , b^*

Penurunan kadar air tidak berpengaruh terhadap intensitas warna madu ($p > 0,05$). Intensitas warna terendah yang ditunjukkan dalam nilai ΔE berada pada madu dengan kadar air tertinggi yaitu 15.272 ± 0.711 dan intensitas warna tertinggi berada pada madu dengan kadar air terendah yaitu 16.515 ± 1.023 . Hasil uji intensitas warna $L^*a^*b^*$ dapat dilihat pada tabel 5.



Tabel 5. Hasil Rataan Intensitas Warna L*a*b* Madu Hutan Sumatera

Perlakuan	L*	a*	b*	ΔE
P1	14.84	-2.12	2.86	15.272±0.711
P2	15.71	-2.61	2.74	16.162±0.731
P3	15.20	-2.41	2.74	15.801±0.540
P4	15.34	-2.66	4.39	16.515±1.023

Notasi L * menunjukkan tingkat kecerahan pada objek madu, notasi a * menunjukkan tingkat kemerahan dan kehijauan objek dengan nilai positif menunjukkan objek cenderung berwarna merah sedangkan nilai negatif menunjukkan objek cenderung kehijauan , notasi b * menunjukkan warna kuning biru pada objek, apabila nilainya positif menunjukkan objek cenderung kekuningan dan apabila nilainya negatif menunjukkan objek cenderung kebiruan (Black and Panozzo, 2015). Perbedaan warna pada madu disebabkan adanya pigmen seperti karotenoid dan flavonoid yang dipengaruhi oleh jenis tanaman dan letak geografis asal madu (Kumazawa et al, 2012). Umur panen dan konsistensi madu juga mempengaruhi warna yang dihasilkan. Nilai delta E tertinggi berada pada madu dengan kadar air paling rendah. Delta E merupakan hasil akumulasi dari nilai L*, a* dan b*.

Madu dengan kadar air terendah sebesar 22% merupakan madu yang paling lama mengalami proses pemanasan. Madu memiliki komposisi gula hingga 70-80% yang akan menambah atau mempertua warna madu menjadi lebih kecoklatan. Tingkat pencoklatan dinyatakan dalam *Browning Index* (BI). Indeks pencoklatan dipengaruhi oleh lamanya waktu pemanasan madu, hal ini disebabkan adanya



konduktivitas reaksi non enzimatis dengan mereduksi gugus karbonil gula, aldehida, keton, protein gugus asam amino dan senyawa lain yang akan menghasilkan produk dehidrasi akibat proses pemanasan. Warna dan konsistensi madu juga bergantung pada kadar air, sakarida, dan serbuk sari madu. Madu hutan Sumatera memiliki warna yang lebih gelap dan diindikasikan memiliki nilai fenolik yang tinggi dibandingkan dengan madu yang berwarna terang (Fereira, dkk. 2009). Gambar tampilan profil madu setiap perlakuan dapat dilihat pada gambar 5.



Gambar 6. Tampilan profil warna madu setiap perlakuan. Urutan bagian paling kiri hingga kanan madu dengan kadar air 25%, 24%, 23% dan 22%.

Temperatur pemanasan yang digunakan dalam proses evaporasi diimbangi dengan tekanan yang digunakan agar titik didih madu dapat dicapai dalam waktu yang singkat dan tidak menyebabkan denaturasi beberapa komponen bioaktif pada madu. Nilai a^* negatif pada semua sampel menunjukkan bahwa sampel madu hutan Sumatra memiliki warna kemerahan dan nilai b^* menunjukkan nilai positif yang menunjukkan bahwa madu hutan Sumatra sebagai sampel berwarna lebih kekuningan. Warna kecoklatan serta cenderung gelap pada madu juga dapat disebabkan karena adanya reaksi Maillard

akibat adanya Hidroksi Metil Furfural (HMF) yang merupakan produk dekomposisi gula saat pemrosesan panas dan penyimpanan.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh Ahmed, Saad dan Nouruddine (2016) terdapat korelasi positif yang kuat antara warna madu dan total kandungan fenolik madu. Moniruzzaman et al. (2013) menjelaskan bahwa intensitas warna madu sangat berkorelasi dengan sifatnya senyawa antioksidan. Hal tersebut seiring dengan hasil pengujian warna dan profil aktivitas antioksidan pada madu. Madu dengan kadar air paling rendah memiliki intensitas warna dalam nilai delta E dan aktivitas antioksidan yang tinggi dibandingkan dengan rata-rata pada perlakuan lain.

4.4 Profil Aktivitas Antioksidan

Hasil analisa profil aktivitas antioksidan menunjukkan bahwa penurunan kadar air pada madu hutan sumatra relatif tidak memberikan perubahan yang signifikan pada aktivitas antioksidan madu. Aktivitas antioksidan tertinggi berada pada madu dengan kadar air 23% sebesar 83.903% dan aktivitas antioksidan terendah berada pada madu dengan kadar air 25% sebesar 84.826%. Hasil rata-rata profil aktivitas antioksidan madu hutan sumatra dapat dilihat pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil rata-rata aktivitas antioksidan madu hutan sumatra

Perlakuan	Profil aktivitas antioksidan (%)
P1	83.903
P2	84.457
P3	84.826
P4	83.993



Proses evaporasi pada madu tidak memberikan perubahan yang signifikan pada aktivitas antioksidan tetapi cenderung membuat aktivitas antioksidan dalam madu semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa proses evaporasi dapat meningkatkan kualitas madu. Sumarlin, dkk (2018) menjelaskan bahwa peningkatan kemampuan antioksidan berbanding lurus dengan peningkatan suhu. Peningkatan antioksidan sejalan dengan lama waktu pemanasan yang menyebabkan pembentukan produk reaksi *Maillard*. Semakin berkurang kandungan kadar air madu akan meningkatkan konsentrasi padatan terlarut pada madu. Padatan pada madu dapat dihasilkan oleh zat padat yang dibawa oleh madu seperti pollen bunga yang mengandung senyawa antioksidan sehingga hal tersebut berpotensi untuk menambah sifat antioksidan pada madu.

Madu dengan aktivitas antioksidan tertinggi memiliki nilai intensitas warna $L^*a^*b^*$ yang tinggi pula dengan nilai kecerahan paling tinggi ke tiga dibandingkan dengan warna madu. Menurut Bertoneclj et al., (2007) dalam Evahelda, dkk (2017) bahwa madu yang berwarna gelap memiliki kandungan senyawa fenolik dan antioksidan yang tinggi. Kandungan antioksidan pada madu juga dipengaruhi oleh sumber nektar tanaman pakan lebah. Madu hutan merupakan madu yang dihasilkan dari lebah liar dengan berbagai sumber pakan yang ada di hutan. Kandungan nutrisi dalam madu yang berfungsi sebagai antioksidan adalah vitamin C, asam organik, enzim, asam fenolik, dan beta karoten (Cahyaningrum, 2019). Salah satu sumber vitamin dan asam organik dalam madu yaitu nektar sumber pakan lebah. Nektar yang dikonsumsi lebah mengandung asam organik seperti asam asetat, asam butirat,



format, suksinat, glikonat, malat, protutamat, sitrat, dan piruvat (Nurlailatul, Mahmud dan Retno, 2016).

Menurut Sumarlin, Ahmad, Riana dan Nur (2018) pengaruh pemanasan pada proses diduga dapat meningkatkan pembentukan ikatan polifenol ke dalam melanoidin meningkatkan pembentukan ikatan polifenol ke dalam melanoidin. Polifenol akan terikat pada melanoidin madu dengan cara menghubungkannya dengan berat molekul polimer yang ada. Penggabungan kedua senyawa ini menyebabkan pergantian distribusi polifenol yang ditandai dengan meningkatnya fragmen senyawa dengan berat molekul besar dan diikuti dengan menurunnya fragmen senyawa dengan berat molekul kecil. Berdasarkan hal tersebut, diduga keberadaan fenolik pada melanoidin memberikan aktivitas antioksidan pada melanoidin.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini adalah penurunan kadar air madu hingga 22% menghasilkan madu dengan kualitas yang baik ditinjau dari total gula, konduktivitas elektrik, intensitas warna dan aktivitas antioksidan.

5.2 Saran

Saran dari penelitian ini yaitu agar dilaksanakan penelitian lanjut terkait kandungan fisik, kimia dan biologis lain dalam madu serta perbedaan kandungan madu berdasarkan masa simpan madu.

DAFTAR PUSTAKA

Adalina, Y. 2018. Analisis Habitat Koloni Lebah Hutan *Apis Dorsata* dan Kualitas Madu yang Dihasilkan dari Kawasan Hutan dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Rantau, Kalimantan Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. Vol. 15(1)

Ahmed, M., B. Khiati, S. Aissat and N. Djebli. 2016. Color Intensity, Polyphenol Content and Antibacterial Capacity of Unheated and Heat-Treated Sahara Honey. *Journal of Food Processing and Technology*. Vol. 7 (6): 1-5

Akbari, E., A. Beigbabaei and M.S. Noghabi. 2019. Determination of Floral Origin Common honey in Kharazan Razavi Province Based on Colour Characteristic, Salinity, Electrical Resistance and TDS using Chemmethric Methods. *Journal of Research and Inovation in Food Science and Technology*. Vol.7(4): 409-418

Amanto, B.S., N.H.R. Pamanto dan B. Basito. 2012. Kajian Karakteristik Alat Pengurangan Kadar Air Madu Dengan Sistem Vakum Yang Berkondensor. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, Vol.5(2).

Anonymous. 2015. BPS Kabupaten Pelalawan. Pelalawan dalam Angka 2014. Badan Pusat Statistik Kabupaten Pelalawan. Pangkalan Kerinci.

Anonymous. 2020. Statistik Produksi Kehutanan 2019. Jakarta: Badan Pusat Statistik

Antary, P.S.S., K. Ratnayani dan A.A.I.A.M. Laksmiwati. 2013. Nilai Daya Hantar Listrik, Kadar Abu, Natrium, Dan Kalium Pada Madu Bermerk Di



- Pasaran Dibandingkan Dengan Madu Alami (Lokal).
Jurnal Kimia. Vol 7(2): 172-180
- AOAC. 2005. Official Methods of Analysis of AOAC International 18th edition. Maryland: AOAC International.
- Apriani, D.,Gusnedi, dan Yenni, D. 2013. Studi Tentang Nilai Viskositas Madu Hutan dari Beberapa Daerah di Sumatera Barat untuk Mengetahui Kualitas Madu. Pillar Of Physics. Vol. 2: 91-98
- Asiah, R.H., Dwi, B.H., Rumaisya, M. dan Wuland, D. 2018. Artikel Madu. *Research Gate*
- Black C.K and J.F. Panozzo. 2015. Accurate Techniques for Measuring Color Velues of Grain and Grain Products Using aVisible- NIR Instrument. *Cereal Chemistry*. Vol 81(4): 469-474
- Cahyaningrum, P.L. 2019. Aktivitas Antioksidan Madu Ternakan Dan Madu Kelengkeng sebagai Pengobatan Alam. *E-Jurnal Widya Kesehatan*. Vol 1 (1)
- Chua, L.S., Rahaman, N.L.A., Adnan, N.A., and Tan, T.T.E., 2013. *Antioxidant Activity of Three Honey Samples in Relation with Their Biochemical Components*. *Journal of Analytic*.
- Codex alimentarius commision. 2011. Fairtrade standard for honey for small producer organizations. Diunduh dari <http://www.fairtrade.net/standards.html> pada 21 Agustus 2020
- Da Silva, P. M., Gauche, C., Gonzaga, L. V., Costa, A. C. O., & Fett, R. 2016. Honey: Chemical composition, stability and authenticity. *Food Chemistry*, 196: 309–323.



Darmawan, A.I. dan Nazaruddin. 2015. Kaji Pembuatan Sistem Kontrol Mesin Vacuum Evaporator Penurun Kadar Air Madu Kapasitas 50 Liter. *Jom FTEKNIK* Vol 2 (2): 1-6

Ditjen BPDASPS. 2009. Statistik kehutanan 2008: Data produksi madu. Jakarta: Kementerian Kehutanan

Eleazu, C.O., Iroaganachi, M.A., Eleazu, K.C. dan Okoronkwo, J.O. 2013. Determination of the physicochemical composition microbial quality and free radical scavenging activities of some commercially sold honey samples in Aba Nigeria. The effect of varying colours. *International Journal of Biomedical Research*. Vol 4 (1): 32–41.

Evahelda, E., Filli, P., Nura, M., dan Budi, S. 2017. Sifat Fisik dan Kimia Madu dari Nektar Pohon Karet di Kabupaten Bangka Tengah, Indonesia. *AGRITECH*. Vol.37(4)

Evahelda, Pratama, F., Nura, M and Budi, S. 2015 . The Changes of Moisture Content, pH , and Total Sugar Content of Honey Originated From The Flowers of Bangka Rubbers Tree During Stotage. *International Journal of Scientific Engineering and Research*. Vol 5 (2): 33-36

Fatma, I.I., S. Haryanti dan S.W.A. Suedy. 2017. Uji Kualitas Madu pada Beberapa Wilayah Budidaya Lebah Madudi Kabupaten Pati. *Jurnal Biologi*. Vol 6 (2): 58-65

Gunawan, R., Erwin, dan Syafrizal. 2018. Uji Fitokimia Dan Penentuan Aktivitas Antioksidan Dari Madu Trigona Incisa. *Jurnal Atomik*. Vol 1 (1)

Haqiqi, F. N. 2015. Efek Pemberian Madu Hutan terhadap Mukosa Gaster yang Diinduksi Ibuprofen Suspensi The Effect Of Honey For Gastric Mucose that Induced by Ibuprofen Suspension. 127–132.



- Jaya, F. 2017. Produk-Produk Lebah Madu dan Hasil Olahannya. Malang: UB Press
- Kalimah, S., M. Akbar dan A. Jauhari. 2018. Penggunaan Alat Evaporator Bagi Peningkatan Ragam Varian Kemasan Produk Madu. Seminar Nasional Hasil Pengabdian kepada Masyarakat (SENIAS) 2018
- Khalil, I. M., 2012, Physicochemical and Antioxidant Properties of Algerian Honey. *Molecules*, 17, 11199-11215
- Khairunnas dan M. Gusman, 2018. Analisis Pengaruh Parameter Konduktivitas, Resistivitas dan TDS Terhadap Salinitas Air Tanah Dangkal pada Kondisi Air Laut Pasang dan Air Laut Surut di Daerah Pesisir Pantai Kota Padang. *Jurnal Bina Tambang*. Vol.3(4): 1751-1760
- Korus, I.P., L. Masewicz, A. Szwengiel, A. Rachockia, H.M. Baranowskab, and W. Medyckia. 2018. A novel method of recognizing liquefied honey. *Food Chemistry* 245: 885–889
- Kumazawa, S. et al., 2012. Antioxidant Activity in Honeys of Various Floral Origins: Isolation and Identification of Antioxidants in Peppermint Honey. *Food Science and Technology Research* Vol. 18 (5): 679–685.
- Leviana, W dan V. Paramita. 2017. Pengaruh Suhu Terhadap Kadar Air dalam Bahan pada Kunyut (*Curcuma longa*) dengan Alat Pengering Electical Oven. *Metana*. 13 (2) : 37-44.
- Lismayeni, F., S. Fitridhani, H. Adzani, N.Z. Yasmin dan Minarni. 2018. Karakterisasi Sifat Fisika dan Kimia Madu Asli Riau Menggunakan Metode Optik. *Prosiding*



Seminar Nasional Fisik Universitas Riau. Vol 3 (1): 22-35.

Maliaentika, S., S.S. Yuwono dan N. Wijayanti. 2016. Optimasi Penurunan Kadar Air Madu Metode Adsorption Drying dengan Response Surface Methodology (RSM). Jurnal Pangan dan Agroindustri. Vol. 4 (2) : 505-514.

Moniruzzaman, M., Khalil, M., Sulaiman, S., & Gan, S. (2013). Physicochemical and antioxidant properties of Malaysian honeys produced by *Apis cerana*, *Apis dorsata* and *Apis mellifera*. BMC Complementary and Alternative Medicine, 13(43), 43–12.

Nanda, P.B., L.E. Radiati dan D. Royidi. 2014. Perbedaan Kadar Air, Glukosa Dan Fruktosa pada Madu Karet dan Madu Sonokeling.

Nazaruddin, A., Hapsah, and A.I. Darmawan. 2020. Development of control systems on vacuum evaporators with 50 l capacity to reduce honey water content accordance to sni 01-3545-2004. International Conference on Advanced Mechanical and Industrial engineering IOP Publishing.

Nazaruddin, Hapsah dan Afrian. 2018. Perancangan Vacuum Evaporator Penurun Kadar Air Dalam Madu Kapasitas 50 Liter. *Conference Paper Research gate*

Nirwantoro, D.N. dan Hermawati, E. 2012. Optimasi Pembuatan Serbuk Madu Dengan Menggunakan Metoda Pengeringan Vakum. Industrial Research Workshop and National Seminar 2012

Nurlailatul, W.R. K. Mahmud dan S. Retno. 2016. Pengaruh Konsentrasi Mad Lebah *Apis dorsata* Terhadap Hambatan Petumbuhan Bakteri *Porphyromonas Gingivalis* Dominan Gingivitis (Kajian In Vitro).



- Publikasi Ilmiah. Universitas Muhammadiyah Surakarta. Surakarta
- Partosoedjono S. 1992. Pengenalan Pelajaran Serangga. Terjemahan An Introduction to The Study of Insect. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Pribadi, A. dan M.E. Wiratmoko. 2019. Karakteristik Madu Lebah Hutan (Apis dorsata Fabr.) dari Berbagai Bioregion di Riau. Jurnal Penelitian Hasil Hutan. Vol 37 (3): 185-199
- Ratiu, I.A., Hossam, A.S. Malgorzata. B. Magdalena, L and Bogulaaw, B. 2020. Corelation Study of Honey Regarding Their Physicochemical Properties and Sugar and Cyclitols Content. Molecules. Vol 25(34): 1-15
- Ratnayani, K., A. A. I. A. M. Laksmiwati, dan N. P. I. Septian. 2012. Kadar Total Senyawa Fenolat Pada Madu Randu Dan Madu Kelengkeng Serta Uji Aktivitas Antiradikal Bebas Dengan Metode Dpph (Difenilpicril Hidrazil). Jurnal Kimia. Vol 6(2): : 163-168
- Sarig, Y., Sarig, O., Siegler, E. 2011. U.S. Patent Application Publication: SEMI-SOLID HONEY – BASEDPRODUCTS.
- Savitri, N.PT., E.D. Hastuti dan S.W.A. Suedy. 2017. Kualitas Madu Lokal dari Beberapa Wilayah di Kabupaten Temanggung. Buletin Anatomi dan Fisiologi. Vol.2 (1): 58-66
- Semuel, M.Y., Eva S. N. K., dan Jacklin S. S. M. 2019. Potensi Bioaktif dari Apis dorsata Binghami, Lebah Madu endemik Sulawesi. Manado: Unima
- Sihombing, D. T. H. (2005). Ilmu ternak lebah madu. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Singh, I and S. Singh. 2018. Honey moisture reduction and its quality. *Journal Food Sci Technol*

Sohaimy, S.A.E., SHD. Masry and M.G. Shetaha. 2015. Physical Characteristic of Honey From Different Origins. *Annals of Agriculture Science*. Vol. 60 (2): 279-28

Statistik Produksi Kehutanan. 2019. Badan Pusat Statistik.

Sumantri, S., A. Budiarti dan I. Parameita. 2013. Perbandingan Kadar Sukrosa Dalam Madu Randu Dan Madu Kelengkeng Dari Peternak Lebah Dan Madu Perdagangan Di Kota Semarang. *Jurnal Ilmu Farmasi*

Sumarlin, L., A. Tjachja, R. Octavia dan N. Ernita. 2018. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Metanol Madu Cair dan Madu Bubuk Lokal Indonesia. *Al-Kimia*. Vol.6 (1): 10-23

Sutrisno, E. dan A. Wahyudi. 2015. Keragaman hayati dan pola pemanfaatan Danau Tajwid di Kabupaten Pelalawan, Riau. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*. Vol 1 (3): 635-641

Wulandari, D.D. 2017. Kualitas Madu (Keasaman, Kadar air dan Kadar Gula Pereduksi) Berdasarkan Perbedaan Suhu Penyimpanan. *Jurnal Kimia Riset*. 2(1):16-22





LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis Data Total Gula Madu Hutan Sumatera

Perlakuan	Ulangan				Total	Rataan	SD
	U1	U2	U3	U4			
P1	73	72	73	73	291	72.75	0.50
P2	73.9	74	74	74	295.9	73.975	0.05
P3	74.5	75	75.2	75	299.7	74.925	0.299
P4	76	75.5	75.3	75.3	302.1	75.525	0.330
TOTAL	297.4	296.5	297.5	297.3	1188.7		

1. Analisis Ragam

a. Faktor Koreksi (FK) =
$$\frac{GT^2}{Perlakuan \times Ulangan}$$

$$= \frac{118.7^2}{4 \times 4}$$

$$= \frac{1413008}{16}$$

$$= 88.312,98$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total

$$JK \text{ Total} = (73^2 + 72^2 + 73^2 + \dots + 75.3^2) - FK$$

$$= 88331.93 - 88.312,98$$

$$= 18.93948$$



Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(291^2 + 295.9^2 + 299.7^2 + 302.1^2)}{Ulangan} - FK$$

$$= \frac{353.322,3}{4} - 88.312,98$$

$$= 284.874 - 88.312,98$$

$$= 17.59688$$

Jumlah Kuadrat Galat

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Perlakuan}$$

$$= 18.93948 - 17.59688$$

$$= 1.3525$$

$$KT \text{ Perlakuan} = \frac{JK \text{ Perlakuan}}{DB \text{ Perlakuan}}$$

$$= \frac{17.59688}{3}$$

$$= 5.865627$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK \text{ Galat}}{DB \text{ Galat}}$$

$$= \frac{1.3525}{12}$$

$$= 0.112718$$



F Hitung Perlakuan

$$= \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Galat}}$$

$$= \frac{5.865627}{0.112718}$$

$$= 52.04253$$

2. Tabel Analisis Ragam

Variabel	D b	JK	KT	Fhitung	F.Tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	17.596	5.865	52.042**	3,490295	5,952545
Galat	12	1.352	0.112			
Total	15	18.939				

Kesimpulan: Fhitung > F table 1% menunjukkan bahwa penurunan kadar air madu Hutan Sumatra dengan menggunakan evaporator vakum memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap total gula madu Hutan Sumatra (P<0.01).

3. Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) 1%

a. Standart Error (SE)

$$SE = \sqrt{\frac{KTG}{r}}$$

$$= \sqrt{\frac{0.112718}{4}}$$

$$= 0.16786$$



b. Tabel Duncan

$$\text{JNT } 1\% = \text{JND } (1\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE}$$

$$= \text{JND } (1\%, 2) \times \text{SE}$$

$$= 4.32 \times 0.16786$$

$$= 0.725157$$

$$\text{JNT } 1\% = \text{JND } (1\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE}$$

$$= \text{JND } (1\%, 3) \times \text{SE}$$

$$= 4.5 \times 0.16786$$

$$= 0.755371$$

$$\text{JNT } 1\% = \text{JND } (1\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE}$$

$$= \text{JND } (1\%, 4) \times \text{SE}$$

$$= 4.62 \times 0.16786$$

$$= 0.775515$$

$$\text{JNT } 1\% = \text{JND } (1\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE}$$

$$= \text{JND } (1\%, 5) \times \text{SE}$$

$$= 4.7 \times 0.16786$$

$$= 0.788943$$



P	2	3	4	5
JND 1%	4,32	4,5	4,62	4,7
JNT 1%	0.725157	0.755371	0.775515	0.788943

Data Notasi

Perlakuan	Rataan	Notasi
P0	72.75	a
P1	73.975	b
P2	74.925	c
P3	75.525	c



Lampiran 2. Analisis Data Konduktivitas Elektrik Madu Hutan Sumatra

Perlakuan	Ulangan				Total	Rataan	SD
	U1	U2	U3	U4			
P1	0.92	0.96	0.94	1.02	3.84	0.96	0.043
P2	1.03	1.02	1.03	0.98	4.06	1.015	0.023
P3	1.03	1.02	1.06	1.04	4.15	1.037	0.017
P4	1.07	1.02	0.98	1.07	4.14	1.035	0.043
TOTAL	4.05	4.02	4.01	4.11	16.19		

1. Analisis Ragam

$$a. \text{Faktor Koreksi (FK)} = \frac{GT^2}{\text{Perlakuan} \times \text{Ulangan}}$$

$$= \frac{16.19^2}{4 \times 4}$$

$$= \frac{262.1161}{16}$$

$$= 16.38226$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total

$$JK \text{ Total} = (0.92^2 + 0.96^2 + 0.94^2 + \dots + 1.07^2) - FK$$

$$= 16.4117 - 16.38226$$

$$= 0.029444$$

Jumlah Kuadrat Perlakuan



$$JK \text{ Perlakuan} = \frac{(3.84^2 + 4.06^2 + 4.15 + 4.14^2)}{Ulangan} - FK$$

$$= \frac{65.5913}{4} - 88.312,98$$

$$= 16.39783 - 16.38226$$

$$= 0.015569$$

Jumlah Kuadrat Galat

$$JK \text{ Galat} = JK \text{ Total} - JK \text{ Perlakuan}$$

$$= 0.029444 - 0.015569$$

$$= 0.013875$$

$$KT \text{ Perlakuan} = \frac{JK \text{ Perlakuan}}{DB \text{ Perlakuan}}$$

$$= \frac{0.015569}{3}$$

$$= 0.00519$$

$$KT \text{ Galat} = \frac{JK \text{ Galat}}{DB \text{ Galat}}$$

$$= \frac{0.013875}{12}$$

$$= 0.001156$$



$$\begin{aligned}
 F \text{ Hitung Perlakuan} &= \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Galat}} \\
 &= \frac{0.00519}{0.001156} \\
 &= 4.48836
 \end{aligned}$$

2. Tabel Analisis Ragam

Variabel	Db	JK	KT	Fhitung g	F.Tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	0.015	0.005	4.488*	3,490	5,952
Galat	12	0.013	0.001			
Total	15	0.029				

Kesimpulan: Fhitung > F table 5% menunjukkan bahwa penurunan kadar air madu Hutan Sumatra dengan menggunakan evaporator vakum memberikan pengaruh yang nyata terhadap total gula madu Hutan Sumatra ($P < 0.05$).

3. Uji Jarak Berganda Duncan (UJBD) 5%

a. Standart Error (SE)

$$\begin{aligned}
 SE &= \sqrt{\frac{KTG}{r}} \\
 &= \sqrt{\frac{0.001156}{4}} \\
 &= 0.017002
 \end{aligned}$$

b. Tabel Duncan

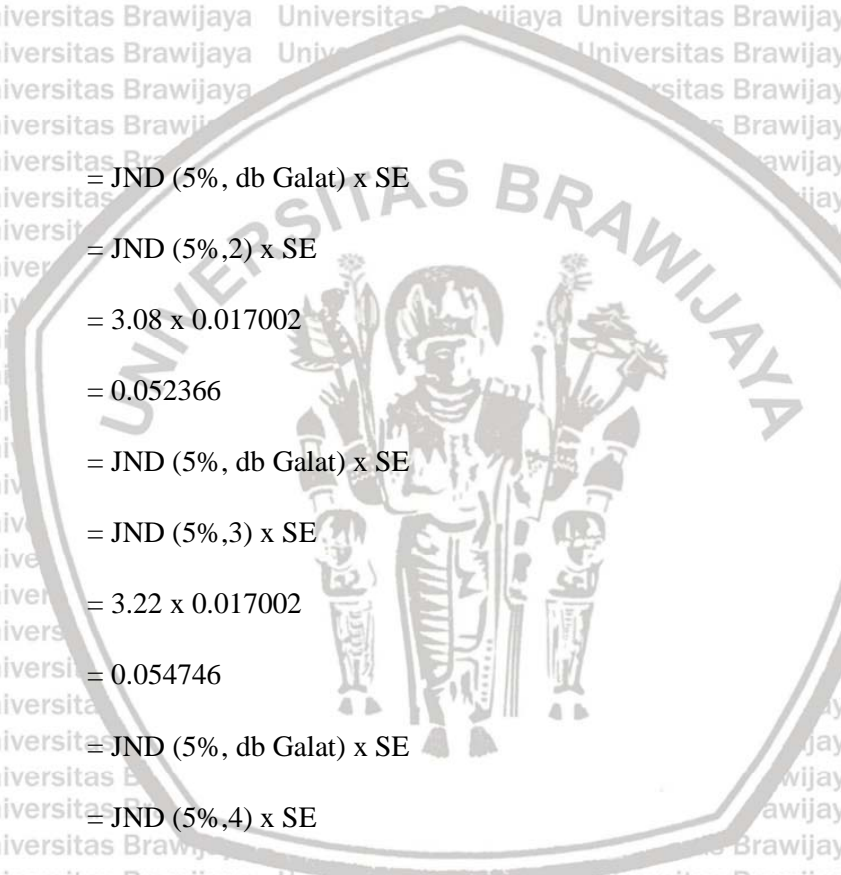


$$\begin{aligned}
 \text{JNT } 5\% &= \text{JND } (5\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE} \\
 &= \text{JND } (5\%, 2) \times \text{SE} \\
 &= 3.08 \times 0.017002 \\
 &= 0.052366
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JNT } 5\% &= \text{JND } (5\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE} \\
 &= \text{JND } (5\%, 3) \times \text{SE} \\
 &= 3.22 \times 0.017002 \\
 &= 0.054746
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JNT } 5\% &= \text{JND } (5\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE} \\
 &= \text{JND } (5\%, 4) \times \text{SE} \\
 &= 3.31 \times 0.017002 \\
 &= 0.056276
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{JNT } 5\% &= \text{JND } (5\%, \text{ db Galat}) \times \text{SE} \\
 &= \text{JND } (5\%, 5) \times \text{SE} \\
 &= 3.37 \times 0.017002 \\
 &= 0.057296
 \end{aligned}$$



P	2	3	4	5
JND 5%	3.08	3.22	3.31	3.37
JNT 5%	0.052366	0.054746	0.056276	0.057296

Data Notasi

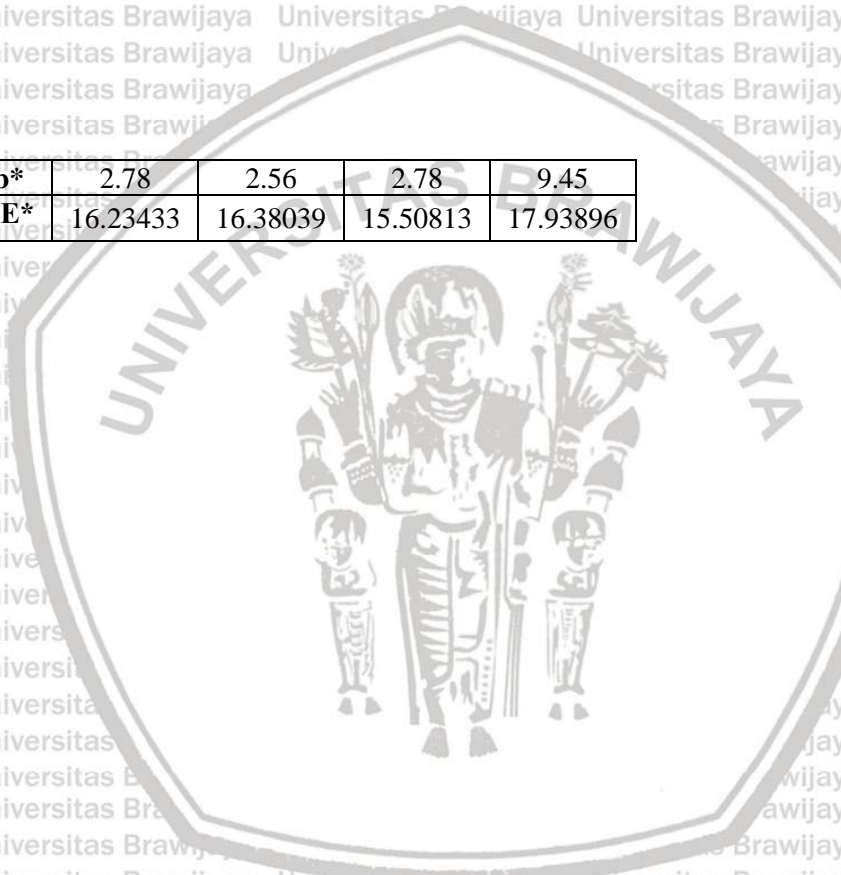
Perlakuan	Rataan	Notasi
P1	0.96	a
P2	1.015	b
P3	1.0375	b
P4	1.035	b

Lampiran 4. Hasil pengamatan nilai warna Madu Hutan Sumatra

		U1	U2	U3	U4
P1	L*	14.19	14.19	14.46	14.92
	a*	-2.17	-2.17	-1.31	-2.31
	b*	3.04	3.04	3.08	2.54
	ΔE*	14.6703	16.25757	14.84625	15.31313
P2	L*	15.81	16.49	14.72	15.82
	a*	-2.67	-3.00	-2.30	-2.46
	b*	2.54	2.79	3.05	2.56
	ΔE*	16.23433	16.9913	15.21032	16.21352
P3	L*	14.74	16.14	14.74	15.18
	a*	-2.28	-2.51	-2.06	-2.81
	b*	2.79	2.34	3.05	2.78
	ΔE*	15.83556	16.49653	15.18865	15.68298
P4	L*	15.33	15.95	15.04	15.03
	a*	-2.83	-2.71	-2.56	-2.55



b*	2.78	2.56	2.78	9.45
ΔE*	16.23433	16.38039	15.50813	17.93896



Lampiran 5. Analisis Data Intensitas Warna L*a*b Madu Hutan Sumatra

PERLUKUAN	ULANGAN				TOTAL	RATA – RATA	SD
	U1	U2	U3	U4			
P1	14.670	16.257	14.846	15.313	61.087	15.272	0.711
P2	16.234	16.991	15.210	16.213	64.649	16.162	0.731
P3	15.835	16.496	15.188	15.682	63.203	15.801	0.540
P4	16.234	16.380	15.508	17.938	66.061	16.515	1.023
TOTAL	62.974	66.125	60.753	65.148	255.002		

1. Analisis Ragam

$$\begin{aligned}
 \text{a. Faktor Koreksi (FK)} &= \frac{GT^2}{\text{Perlakuan} \times \text{Ulangan}} \\
 &= \frac{255.002^2}{4 \times 4} \\
 &= \frac{65026.150}{16} \\
 &= 4064.134
 \end{aligned}$$

b. Jumlah Kuadrat (JK)

Jumlah Kuadrat Total

$$\begin{aligned}
 \text{JK Total} &= (14.670^2 + 16.257^2 + 14.846^2 + \dots + 17.938^2) / 1 \\
 &\quad - \text{FK} \\
 &= 4074.65 - 4064.134 \\
 &= 10.51538
 \end{aligned}$$



Jumlah Kuadrat Perlakuan

$$\text{JK Perlakuan} = \frac{(61.087^2 + 64.649^2 + 63.203^2 + 66.061^2)}{\text{Ulangan}} - \text{FK}$$

$$= \frac{16270.08}{4} - 4064.134$$

$$= 4067.52 - 4064.134$$

$$= 3.38554$$

Jumlah Kuadrat Galat

$$\text{JK Galat} = \text{JK Total} - \text{JK Perlakuan}$$

$$= 10.51538 - 3.38554$$

$$= 7.129836$$

$$\text{KT Perlakuan} = \frac{\text{JK Perlakuan}}{\text{DB Perlakuan}}$$

$$= \frac{3.38554}{3}$$

$$= 1.128513$$

$$\text{KT Galat} = \frac{\text{JK Galat}}{\text{DB Galat}}$$

$$= \frac{7.129836}{12}$$



$$= 0.594153$$

$$\begin{aligned}
 \text{F Hitung Perlakuan} &= \frac{KT \text{ Perlakuan}}{KT \text{ Galat}} \\
 &= \frac{1.128513}{0.594153} \\
 &= 1.899365
 \end{aligned}$$

2. Tabel Analisis Ragam

Variabel	Db	JK	KT	Fhitung	F.Tabel	
					0,05	0,01
Perlakuan	3	3.385	1.128	1.899 ^{ns}	3,490	5,952
Galat	12	7.129	0.594			
Total	15	10.515				

Kesimpulan: Penurunan kadar air madu menggunakan evaporator vakum tidak memberikan pengaruh nyata terhadap intensitas warna L^*a^*b pada madu NTT ($P > 0,05$).



Lampiran 3. Dokumentasi Penelitian



Pengujian Intensitas Warna L^*a^*b
menggunakan Colorimeter Cs-10



Pengujian Total Gula menggunakan
hand refraktometer % Bri



Pengecekan kadar air menggunakan hand
refraktometer



Tempat penyimpanan bahan baku madu