

## OPTIMASI PENURUNAN KADAR AIR MADU METODE ADSORPTION DRYING DENGAN RESPONSE SURFACE METHODOLOGY (RSM)

### *Optimization of Honey Water Content Decrease Adsorption Drying Method with Response Surface Methodology (RSM)*

Shela Maliaentika<sup>1\*</sup>, Sudarminto Setyo Yuwono<sup>1</sup>, Novita Wijayanti<sup>1</sup>

1) Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, FTP Universitas Brawijaya Malang  
Jl. Veteran, Malang 65145

\*Penulis Korespondensi, Email: dhatumalia@gmail.com

#### ABSTRAK

Madu mempunyai nilai gizi yang baik dan banyak manfaatnya. Permasalahan utama yang seringkali ditemukan pada madu Indonesia adalah kadar air yang tinggi (>22%). Hal ini disebabkan terutama karena iklim Indonesia yang tropis. Kadar air madu yang tinggi akan memicu fermentasi selama penyimpanan. Salah satu alternatif lain untuk penurunan kadar air adalah pengeringan adsorpsi. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum lama waktu dan rasio berat sampel:adsorben pada proses penurunan kadar air madu. Penelitian optimasi proses penurunan kadar air madu dirancang dengan menggunakan metode RSM-JOP (*Joint Optimization Plot*) yang ditinjau dari variabel lama waktu (15, 20 dan 25 jam) dan rasio berat sampel:adsorben (1:3; 1:4 dan 1:5) dengan analisis respon kadar air, pH dan perubahan warna. Hasil yang optimum untuk penurunan kadar air madu dengan lama waktu 14,37 jam dan rasio berat sampel:adsorben 1:4.85 (b/b) dengan prediksi respon kadar air, pH dan perubahan warna adalah 20.24±0.46%; 3.48 dan 12.52.

Kata kunci: *Adsorption Drying*, Kadar Air, Madu, RSM

#### ABSTRACT

*Honey has a good nutritional value and many benefits. The main problems that are often found in Indonesia's honey is a high water content (>22%), this is caused mainly due to the tropical climate of Indonesia. The high water content of honey will trigger fermentation during storage. One of alternative is to decrease the water content adsorption drying. This study aims to determine the optimum conditions a length of time and the ratio of the sample weight: adsorbent in the process of reduction in the moisture content of honey. Process optimization studies honey moisture reduction is designed by using RSM-JOP (Joint Optimization Plot) were evaluated from the variable of length of time (15, 20 and 25 hours) and the ratio of the sample weight: adsorbent (1:3; 1:4 and 1:5) the response analysis of water content, pH and color change. Optimum results for the reduction in the moisture content of honey with a length of time 14.37 hours and the weight ratio of the sample: adsorbent of 1:4.85 (w/w) with a predicted response moisture content, pH and color change was 20.24±0.46% ; 3.48 and 12.52.*

Keywords: *Adsorption Drying*, Honey, RSM, Water Content

#### PENDAHULUAN

Keadaan alam Indonesia ini sangat cocok untuk usaha peternakan lebah karena sangat kaya akan ragam tanaman berbunga. Sedikitnya terdapat 115 tanaman yang dapat menjadi sumber nektar di negeri ini. Potensi ini memungkinkan produksi madu di Indonesia dapat terjadi sepanjang tahun [1]. Madu memiliki manfaat dalam berbagai aspek, antara lain dari segi pangan, kesehatan dan kecantikan [2]. Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI 3545:2013) kadar air maksimal madu yaitu 22% [3]. Madu murni

di Indonesia yang baru diambil dari sarangnya biasanya memiliki kandungan air sebanyak 25% dari beratnya dan biasanya mencapai 33% jika terkontaminasi udara luar [4]. Hal ini disebabkan karena madu merupakan bahan yang sangat higroskopis [5]. Kadar air madu sangat berpengaruh terhadap fermentasi, yang mana semakin rendah kadar air akan menjaga madu dari kerusakan untuk jangka waktu yang relatif lama [6]. Pengeringan adsorpsi merupakan salah satu alternatif penurunan kadar air madu yang berguna untuk meningkatkan kualitas madu dan efisiensi energi proses pengeringan.

Mekanisme yang terjadi adalah proses penarikan air oleh adsorben *sillica gel* dari dalam bahan pangan dengan prinsip penyerapan uap air dari bahan tersebut dan proses ini dilakukan tanpa menggunakan panas sehingga *sillica gel* berfungsi untuk menurunkan *relative humidity* dan hal ini menyebabkan uap air yang menguap dari bahan akan meningkat dan akan diserap oleh adsorben *sillica gel*. Penurunan kadar air madu metode *adsorption drying* dipengaruhi oleh lama waktu pengeringan dan rasio berat sampel:adsorben. Semakin banyak jumlah adsorben dalam proses pengeringan maka semakin besar pula kemampuannya untuk menyerap air dalam bahan dan semakin banyak berat sampel maka proses penurunan kadar air akan semakin lama [7]. Lama waktu pengeringan berpengaruh terhadap kemampuan adsorben menyerap kelembapan udara. Semakin lama waktu pengeringan menyebabkan jumlah uap air yang diadsorpsi oleh adsorben mencapai batas kejenuhan sehingga tidak mampu lagi untuk menyerap uap air yang lebih besar [8]. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kondisi optimum lama waktu dan rasio berat sampel:adsorben pada proses penurunan kadar air madu, sehingga perlu dilakukan optimasi proses dengan metode RSM (*Response Surface Methodology*) – JOP (*Joint Optimization Plot*).

## BAHAN DAN METODE

### Bahan

Bahan untuk membuat alat penurun kadar air adalah unit pengering yang dilengkapi dengan *electric fan* yang berukuran 120x120x38 mm dengan tegangan AC 220 V/240 V, kuat arus 0.14 A dan frekuensi 50/60 Hz; *wrapping plastic*; *fiber*, kasa dan triplek dengan ketebalan 6 mm. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah madu karet yang diperoleh dari toko Bintang di Jl. Raya Selecta No 41. Tulung Rejo Bumiaji yang dipanen pada bulan Oktober 2014, adsorben *silica gel* yang diperoleh dari C.V Makmur Sejati. Bahan yang digunakan untuk analisis antara lain aquades, buffer pH 4, buffer pH 7, reagen nelson dan arsenomilibat, NaOH 0.1 N, indikator PP dan alkohol dari C.V Makmur Sejati Malang.

### Alat

Alat yang digunakan untuk penelitian ini yaitu timbangan analitik (Denver Instrumen M-310), timbangan digital merk Scout Pro, *glassware*, termometer raksa, oven listrik merk Memmert, *spectrophotometer*, *water bath*, pH meter merk Senz, desikator, tisu, bola hisap, *refractometer* Abbe tipe WYA-2S, *hand refractometer* (RBH-32ATC), *color reader* (Minolta M-310), dan *Air Conditioner* merk "Sharp" dengan spesifikasi 1PK.

### Metodologi Penelitian

Penelitian ini disusun dengan menggunakan rancangan komposit pusat (CDD) dari RSM (*Response Surface Methodology*).

Rancangan yang digunakan pada metode permukaan respon yaitu :

X<sub>1</sub> = waktu penurunan kadar air adalah 15; 20; 25 (jam)

X<sub>2</sub> = rasio berat sampel:adsorben 1:3; 1:4; 1:5 (b/b)

Setelah memperoleh titik minimum dan maksimum, langkah selanjutnya dilakukan pengolahan, analisis data dan optimasi dilakukan menggunakan paket RSM [9] pada program R version 3.1.2 [10], sehingga diperoleh rancangan seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Rancangan Penelitian Penurunan Kadar Air Madu

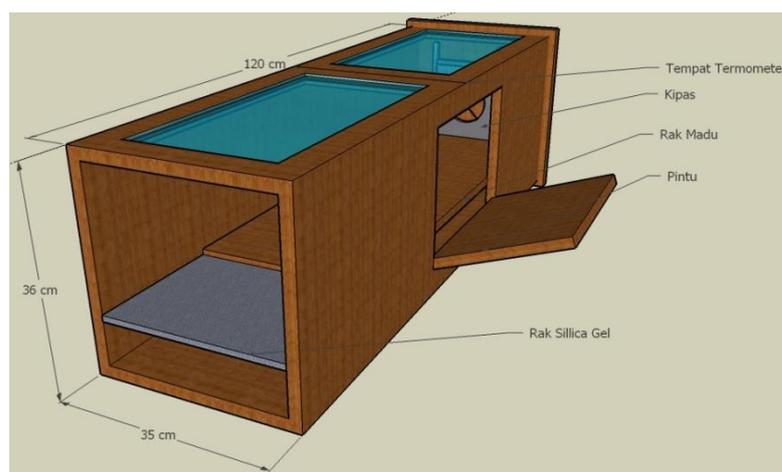
No	Variabel Kode	Variabel Sebenarnya			Respon	
	(X <sub>1</sub> )	(X <sub>2</sub> )	Waktu (jar)	Berat Madu : Adsorben (b/b)	Kadar Air (%)	pH Warna /ΔE
1	0	0	20	1:4		
2	0	0	20	1:4		
3	-1	1	15	1:5		
4	-1	-1	15	1:3		
5	0	0	20	1:4		
6	-1.4142	0	12.93	1:4		
7	1	1	25	1:5		
8	0	1.4142	20	1:5.41		
9	0	-1.4142	20	1:2.58		
10	1	-1	25	1:3		
11	1.4142	0	27.07	1:4		
12	0	0	20	1:4		

Keterangan : Hasil rancangan penelitian menggunakan program R version 3.1.2

Kemudian untuk *Multiple Response Optimization* dilakukan dengan paket JOP (*Joint Optimization Plot*) dengan program R version 3.1.2 [10], dengan respon yang dilihat adalah kadar air, pH dan warna, sehingga dapat diketahui berapa waktu dan rasio berat sampel:adsorben yang optimum ditinjau dari ketiga respon tersebut.

### Tahapan Penelitian

Penelitian tahap pertama yaitu perancangan alat penurun kadar air madu yang dilakukan dengan menggambar desain alat sesuai dengan kebutuhan (kondisi alat konstan dan tidak terpengaruh lingkungan). Alat penurun kadar air dirancang seperti Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Desain Alat Penurun Kadar Air Madu

Di dalam alat pengering terdapat rak yang digunakan untuk meletakkan dan menata wadah yang berisi madu yang akan dikeringkan. Termometer dengan kisaran suhu 0-100 °C dipasang agar dapat mengetahui suhu saat alat dijalankan. *Electric fan* yang dipasang sejajar dengan rak berfungsi untuk memberikan sirkulasi udara agar udara

yang mengandung uap air dari lingkungan maupun dari madu dapat terus dialirkan dan diserap oleh adsorben yang diletakkan di bagian ujung alat. Alat dirancang dalam kondisi tertutup agar kondisi proses dalam alat tidak dipengaruhi oleh kondisi lingkungan di luar alat, terutama dalam hal masuknya uap air dari lingkungan luar. Oleh sebab itu, alat dilengkapi dengan pintu yang dirancang agar alat tetap dalam kondisi vakum namun masih memudahkan dalam membukanya.

Prosedur Pelaksanaan Penelitian:

1. Persiapan Bahan Baku : Madu karet yang digunakan pada penelitian ini adalah madu dari hasil panen yang telah dipisahkan dari sarang menggunakan alat *spinner* sehingga belum mengalami pengolahan lanjut seperti pemanasan.
2. Pengaturan Alat : Pengaturan suhu dilakukan dengan cara mengatur suhu *air conditioner* (AC) 20°C, dimana suhu proses pada alat penurunan kadar air akan menunjukkan angka 25°C pada thermometer raksa yang dipasang di alat. Alat ini diletakkan pada ruangan yang berukuran 3x4x3 m<sup>3</sup> dilengkapi dengan *air conditioner* (AC) yang berjarak 2 m dari alat. Ruangan ini harus ditutup selama proses penurunan kadar air madu.
3. Aktifasi *Sillica Gel* : Pada proses penurunan kadar air dengan sistem *adsorption drying* menggunakan adsorben *sillica gel* yang sudah diaktivasi terlebih dulu dengan pemanasan pada oven listrik (suhu 105°C; 24 jam), dengan berat sesuai dengan rancangan percobaan dan ketebalan *sillica gel* dengan kisaran 1-2 cm.
4. Proses Pengeringan : Madu yang digunakan dalam penelitian ini ditimbang 70 g dengan ketebalan 0,84 cm dan dimasukkan ke dalam cawan (d=11) yang sebelumnya cawan sudah dikonstankan dalam oven listrik (suhu 105°C; 24 jam). Pengondisian sampel madu dan *sillica gel* yang akan dimasukkan ke dalam alat pengering menggunakan desikator karena sifat kedua bahan tersebut yang higroskopis. Alat yang sudah diatur suhunya 25°C siap untuk digunakan. Selanjutnya cawan yang berisi madu dimasukkan ke dalam alat, *sillica gel* yang sudah diaktivasi dituang di atas kasa dalam alat, kemudian *electric fan* dinyalakan dengan lama waktu sesuai rancangan penelitian.

### Pengujian dan Analisis

Analisis pada penelitian ini dilakukan pada sampel awal madu dan sampel madu hasil verifikasi meliputi parameter kadar air [11], total padatan terlarut [12], pH [13], perubahan warna [14], gula reduksi [11], total asam [11]. Setelah didapatkan nilai respon kadar air, pH dan perubahan warna dilakukan analisis data dengan *software R version 3.1.2* untuk mendapatkan kondisi optimum proses.

### Verifikasi Hasil Optimum

Verifikasi adalah tindakan memeriksa selisih hasil prediksi yang diberikan *software R version 3.1.2* dengan hasil analisis pada titik optimum. Proses verifikasi dilakukan dengan penurunan kadar air madu kembali dengan menggunakan lama waktu penurunan kadar air optimum yang telah didapat. Hasil prediksi *software* diperoleh dari program setelah dilakukan analisis sehingga didapatkan titik yang disugestikan oleh *software R version 3.1.2* sebagai titik optimum. Apabila selisih kurang dari 5% maka nilai prediksi dan hasil penelitian tidak berbeda jauh, sehingga menunjukkan ketepatan model [17].

## HASIL DAN PEMBAHASAN

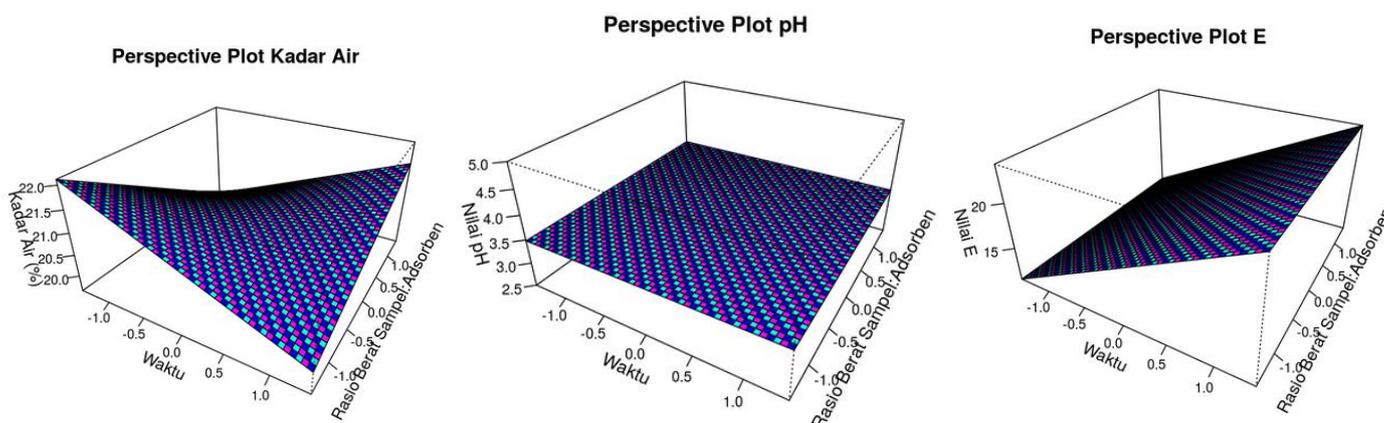
Pada penelitian ini digunakan metode JOP (*Joint Optimization Plot*) dengan *software R version 3.1.2* untuk pengolahan data statistik. Hasil kadar air, pH dan perubahan warna dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Analisis Respon Penurunan Kadar Air Madu

Perlakuan	Faktor		Respon		
	Waktu (jam)	Berat Madu : Berat Adsorben (b/b)	Kadar Air (%)	pH	Warna /ΔE
P1	20	1:4	20.84	3.43	11.45
P2	20	1:4	20.78	3.40	9.98
P3	15	1:5	19.90	3.44	13.67
P4	15	1:3	21.13	3.45	13.63
P5	20	1:4	20.88	3.40	14.83
P6	12.93	1:4	21.40	3.50	12.45
P7	25	1:5	20.76	3.47	17.75
P8	20	1:5.41	21.44	3.50	23.64
P9	20	1:2.58	22.08	3.50	17.39
P10	25	1:3	20.00	3.52	24.72
P11	27.07	1:4	20.55	3.58	27.18
P12	20	1:4	20.72	3.60	24.49

### Optimasi Proses Penurunan Kadar Air Madu

Hasil pengolahan data analisis kadar air menggunakan progam R version 3.1.2 diperoleh persamaan aktual dari model yang terpilih sesuai respon kadar air, pH dan perubahan warna sehingga didapatkan grafik untuk masing- masing respon adalah sebagai berikut :



Gambar 2. Grafik Kurva Permukaan Respon

#### a. Evaluasi Model Respon Kadar Air

$$\text{Model : } Y = - 0.17 X_2 + 0.50 X_1 X_2 + 20.87$$

Pada model persamaan untuk kadar air dengan  $X_1$  waktu sedangkan  $X_2$  menunjukkan menunjukkan rasio berat sampel:adsorben dan  $X_1 X_2$  menunjukkan interaksi antara keduanya. Lama waktu pengeringan dan rasio berat sampel:adsorben berpengaruh pada kadar air madu. Semakin banyak waktu proses akan menurunkan kadar air dan semakin banyak berat adsorben juga akan menurunkan kadar air madu, namun waktu lebih banyak berpengaruh menurunkan kadar air daripada rasio berat sampel:adsorben seperti pada Gambar 2.

b. Evaluasi Model Respon pH

$$\text{Model : } Y = 3.48$$

Lama waktu pengeringan dan rasio berat sampel:adsorben tidak berpengaruh pada pH. Berdasarkan analisis dengan bantuan *software R version 3.1.2* diperoleh kurva permukaan respon lama waktu dan rasio berat sampel:adsorben terhadap respon pH. Hal itu disebabkan karena pH dipengaruhi oleh faktor eksternal atau bahan baku awal. Nilai pH dipengaruhi oleh nilai pH awal madu karet. Dimana pada grafik kurva permukaan respon hubungan lama waktu dan berat adsorben terhadap pH terlihat linier seperti pada Gambar 3.

c. Evaluasi Model Respon Perubahan Warna ( $\Delta E$ )

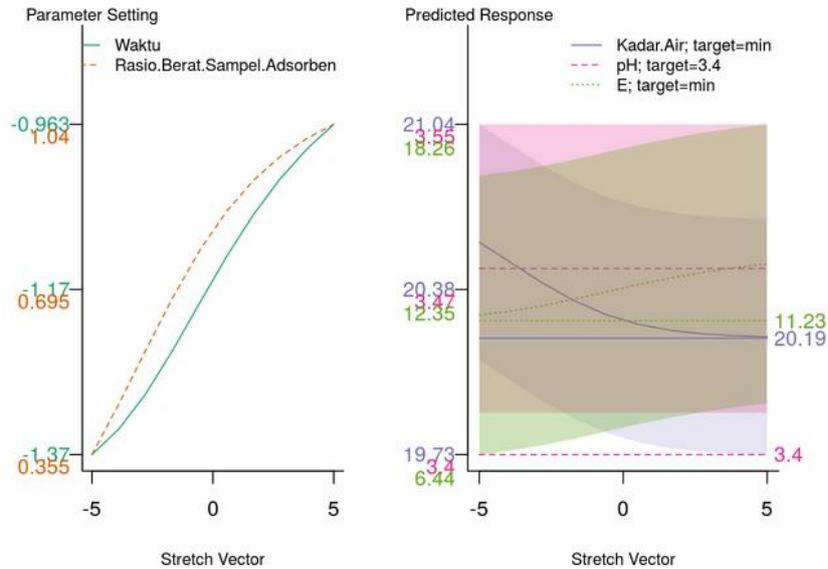
$$\text{Model : } Y = 4.50 X_1 + 17.60$$

Pada model persamaan untuk perubahan warna dengan  $X_1$  sama dengan waktu. Faktor yang berpengaruh pada respon perubahan warna adalah waktu. Pada Gambar 2. terlihat bahwa perubahan warna dipengaruhi oleh waktu dimana semakin lama waktu akan menyebabkan perubahan warna yang besar dan rasio berat sampel:adsorben tidak berpengaruh terhadap perubahan warna.

**Penentuan Titik Optimum**

Penentuan titik optimum merupakan tahap akhir analisis dari metode RSM (*Response Surface Methodology*) - JOP (*Joint Plot Optimization*). Dari hasil analisis respon kadar air, pH dan perubahan warna dari parameter waktu proses dan rasio berat sampel:adsorben dengan program R versi 3.1.2 didapatkan grafik *parameter setting* dan grafik *predicted response*.

Grafik *parameter setting* menunjukkan hubungan variabel waktu proses dan rasio berat sampel:adsorben. Sedangkan grafik *predicted response* menunjukkan hubungan interaksi antara faktor waktu dan rasio berat sampel:adsorben dengan respon kadar air, pH dan perubahan warna. *Stretch vector* menunjukkan skala daerah dimana titik optimum terlihat [16]. Pada grafik *parameter setting*, sumbu Y menunjukkan daerah parameter yang diperoleh sebagai *output* JOP, dengan batasan skala untuk parameter waktu dengan kode  $[(-1.37)-(-0.963)]$  sedangkan ratio berat sampel:adsorben dengan kode  $[0.355-1.04]$  seperti pada Gambar 5. Dilihat pada grafik *parameter setting* hubungan antara faktor waktu dengan rasio berat sampel:adsorben berbanding lurus, dimana untuk mendapatkan nilai optimum penurunan kadar air madu maka dibutuhkan waktu yang lama dan berat adsorben yang semakin banyak.



Gambar 5. Grafik JOP

Grafik *predicted response*, untuk prediksi respon kadar air, daerah optimum terletak pada batas skala 19.73-21.04% dengan titik tengah 20.38. Prediksi respon pH, daerah optimum terletak pada batas skala 3.40-3.55 dengan titik tengah 3.47. Sedangkan prediksi respon perubahan warna ( $\Delta E$ ), daerah optimumnya terletak pada batas skala 6.44-18.26 dengan titik tengah 12.35. Garis ungu linier pada grafik *predicted response* menunjukkan respon kadar air, garis merah muda putus-putus linier menunjukkan respon pH dan garis hijau muda putus-putus menunjukkan respon perubahan warna ( $\Delta E$ ). Dimana JOP memberikan prediksi respon (*target value* JOP) untuk kadar air minimal 20.19%, pH minimal 3.40 dan perubahan warna ( $\Delta E$ ) minimal 11.23, dengan meminimalkan nilai resiko dari ketiga respon tersebut yang selanjutnya digabungkan untuk mendapatkan optimasi waktu proses dan rasio berat sampel:adsorben. Dari grafik *predicted respon* dan grafik *parameter setting diperoleh* nilai prediksi respon 20.24% untuk kadar air, pH 3.48 dan perubahan warna 12.53. Sehingga didapatkan kondisi proses optimum waktu 14.37 jam dan rasio berat sampel:adsorben yaitu 1:4,5 (b/b) dan selanjutnya dilakukan verifikasi data [15].

### Verifikasi Hasil Optimum

Verifikasi dilakukan dengan menerapkan hasil solusi optimasi yang ditunjukkan dari nilai resiko minimal parameter proses penurunan kadar air madu dari progam *R version 3.1.2*. Verifikasi merupakan tindakan pengecekan kesesuaian antara hasil analisis dan respon minimal respon menunjukkan hasil yang sama [15]. Perbandingan nilai *resikminimal respons* dari optimasi dengan hasil analisis disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Perbandingan antara Hasil Optimasi dengan Hasil Verifikasi

	Waktu (jam)	Rasio Berat Sampel:Adsorben (b/b)	Respon		
			Kadar air (%)	pH	$\Delta E$
Prediksi	14.37	1:4.85	20.24	3.48	12.53
Verifikasi	14.37	1:4.85	20.36	3.40	18.86
Selisih			0.12	0.08	6.33

Berdasarkan Tabel 3, diperoleh hasil dari prediksi untuk respon kadar air adalah 20.24%, nilai tersebut mendekati nilai verifikasi yakni 20.36%. Respon pH diperoleh hasil

verifikasi adalah 3.48 dengan nilai prediksi 3.40. Selisih antara hasil nilai prediksi dengan verifikasi dari kedua nilai adalah 0.12% untuk kadar air dan 0.08 untuk pH yang mana nilai tersebut kurang dari sama dengan 5% dari nilai prediksi, sehingga solusi hasil prediksi untuk respon kadar air dapat diterima [17]. Nilai analisis perubahan warna pada hasil verifikasi yaitu 18.86 sedangkan hasil prediksi respon adalah 12.52. Hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan antara nilai perubahan warna prediksi dengan hasil verifikasi yaitu 6.34. Nilai perubahan warna hasil verifikasi memiliki selisih lebih dari 5% dari nilai prediksi hasil sehingga dapat dikatakan verifikasi tidak sesuai [17]. Hal tersebut diduga karena adanya senyawa HMF (*Hidroxy Methyl Furfural*) pada madu akan menyebabkan perubahan warna gelap karena konsentrasi HMF yang cenderung meningkat selama penyimpanan madu sebelum dilakukan verifikasi [18].

### Karakteristik Madu Hasil Verifikasi

Madu hasil verifikasi kemudian dilakukan analisis karakteristik akhir yang meliputi kadar air, pH, keasaman, total asam, gula pereduksi, warna dan total padatan terlarut. Analisis akhir ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh proses *adsorption drying* terhadap perubahan karakteristik pada bahan baku setelah dilakukan proses. Perbandingan hasil analisis sampel awal bahan baku dengan madu hasil verifikasi proses *adsorption drying* dapat dilihat pada Tabel 4. di bawah ini.

Tabel 4. Perbandingan Karakteristik Sampel Madu Awal, Hasil Verifikasi dengan SNI

Karakteristik	Sampel Awal	Sampel Hasil Verifikas	SNI 3545 : 2013
Kadar Air (%)	22.63±0.02	20.36±0.44	Maks 22
pH	3.43±0.05	3.40	-
Warna (L; a; b)	+65.12; +7.75; +27.02	+46.80; +10.80; +30.30	-
Gula Pereduksi (%)	67.10	74.27	Min 65
Keasaman (ml N NaOH /kg)	40.47	27.27	Maks 50
Total Padatan Terlarut (%)	8.33±0.28	8.70	-

Kadar air sampel awal yaitu 22.63±0.02% lebih kecil dari sampel hasil verifikasi yaitu 20.36±0.44%. Selisih antara keduanya yaitu 2.27%. Jika dibandingkan dengan SNI (3545:2013) madu hasil verifikasi telah memenuhi standar yaitu maksimal 22%. Madu dari negara tropis memiliki kadar air yang lebih tinggi. Kelembaban tinggi madu diduga karena hujan tahunan tinggi [19]. Madu memiliki sifat higroskopis yang menyebabkan kadar airnya meningkat, hal ini disebabkan madu merupakan larutan jenuh gula dengan gugus OH bebas yang reaktif [5]. Nilai pH sampel awal 3.43 sedangkan untuk sampel hasil verifikasi adalah 3.40. Perubahan nilai pH yang hanya 0.03 satuan ini menunjukkan bahwa pH madu cukup stabil dengan kondisi proses yang berbeda. Namun nilai pH masih dalam interval nilai pH rata-rata madu yakni 3.42-6.10 [20]. Sebagian besar bakteri tumbuh dalam lingkungan netral dan sedikit basa. sementara ragi dan kapang mampu tumbuh dalam lingkungan asam (pH = 4.00-4.50) [21].

Keasaman madu awal yaitu 40.47 ml N NaOH/kg. sedangkan madu hasil verifikasi adalah 27.27 ml N NaOH/kg. Dari sampel awal dan hasil verifikasi madu telah memenuhi standar keasaman (SNI 3545:2013) yaitu maksimal 50 ml N NaOH/kg [11]. Perhitungan total asam menggunakan asam glukonat sebagai asam utamanya untuk asam glukonat sampel awal sebesar 7.95%. sedangkan nilai total asam glukonat sampel hasil verifikasi yaitu 5.35%. Penyebab lain perubahan nilai total asam tertitrisasi adalah tidak stabilnya asam glukonat sebagai asam dominan dalam madu. Asam glukonat adalah asam aldolat. yang merupakan hasil oksidasi dari glukosa. Asam glukonat dapat berubah menjadi

bentuk ester sikliknya (lakton) yaitu glukonolakton (reaksi kesetimbangan). Perubahan bentuk asam glukonat ini yang mengakibatkan turunnya nilai total asam tertitrisasi [22].

Faktor utama yang menyebabkan perbedaan warna pada madu adalah sumber nektar [23]. Faktor lain yang mempengaruhi warna madu adalah proses penyimpanan, kadar senyawa fenolik, dan kadar mineral [24]. Warna madu awal  $L=+65.12$ ;  $a=+7.75$  dan  $b=+27.02$  dan madu hasil verifikasi  $L=+46.80$ ;  $a=+10.80$  dan  $b=+30.30$ . Selisih antara perubahan warna ( $\Delta E$ ) antara sampel awal dengan hasil verifikasi adalah 18.86. Hal ini diduga karena faktor perbedaan antara lama waktu antara pengujian sampel awal dengan bahan baku, sehingga menyebabkan warna madu hasil verifikasi lebih gelap. Adanya senyawa HMF pada madu diduga menyebabkan warna madu menjadi gelap [18].

Nilai gula reduksi untuk sampel awal adalah 67.10% dan sampel hasil verifikasi 74.27%. Dari sampel awal madu dan hasil verifikasi telah memenuhi standar SNI (3545:2013) yaitu minimal 65% [11]. Nilai gula reduksi sampel awal dengan hasil verifikasi mengalami kenaikan 7.17% hal ini disebabkan karena jumlah kadar air berbanding terbalik dengan gula reduksi, apabila kadar air madu rendah maka kadar gula reduksi akan tinggi [19]. Kadar air yang rendah akan menjaga madu dari kerusakan untuk jangka waktu yang relatif lama. Secara umum madu mengandung berbagai gula reduksi bila disimpan terlalu lama akan mengalami perubahan [25]. Nilai total padatan terlarut sampel awal adalah 83.30% sedangkan sampel madu hasil verifikasi yaitu 87%. Penyebab perubahan nilai total padatan terlarut dapat terjadi karena perubahan gula pada madu, karena aktivitas mikroba yang masih dapat hidup pada gula yang tinggi dan adanya enzim alami madu yang dapat mengubah gula menjadi senyawa lain [6]. Selain itu penurunan kadar air akan menyebabkan nilai total padatan terlarut naik.

## SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian optimasi lama waktu pengeringan dan berat adsorben pada proses penurunan kadar air madu diperoleh waktu optimum 14.37 jam dan rasio berat sampel: adsorben adalah 1:4.85 (b/b) atau berat adsorben 339.89 g, dengan prediksi respon kadar air, pH dan perubahan warna berturut-turut adalah 20.24%; 3.48 dan 12.52. Hasil verifikasi dengan respon kadar air, pH dan perubahan warna berturut-turut diperoleh 20.36%; 3.40 dan 18.36. Dari hasil optimasi diperoleh karakteristik madu dengan gula reduksi 74.27%; total padatan terlarut 87% dan keasaman 27.27 ml N NaOH/kg. Perbandingan karakteristik fisik dan kimia sampel madu hasil optimasi sudah sesuai SNI (3545:2013).

## DAFTAR PUSTAKA

- 1) Sihombing, D. T. H. 2005. Ilmu Ternak Lebah Madu. Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- 2) Mulu, A., B. Tessema, and F. Derby. 2004. In vitro Assesment of The Antimicrobial Potential of Honey on Common Human Pathogens. *Ethiopian Journal of Health Developmen*. 75: 237-240
- 3) Harjo, S. T. H., Raditiani, L. E., dan Rosyidi, D. 2015. Perbandingan Madu Karet dan Madu Rambutan Berdasarkan Kadar Air, Aktivitas Enzim Diastase dan Hidroximetilfurfural (HMF). Universitas Brawijaya, Malang
- 4) Bogdanov, S., K. Ruoff, and L. Persano Oddo. 2004. Physico-chemical Methods for The Characterisation of Unifloral Honeys: A Review. *Apidologie* 35: s4-s17
- 5) Dewi, R. D.A. dan Susanto, H. S., 2013. Pembuatan Lempok Pisang (Kajian Jenis Pisang dan Konsentrasi Madu). *Jurnal Pangan dan Agroindustri*. 1(1): 101-114

- 6) Siregar. H. C. H. 2002. Pengaruh Metode Penurunan Kadar Air. Suhu dan Lama Penyimpanan Terhadap Kualitas Madu Randu. Tesis Program Pascasarjana. IPB. Bogor
- 7) Djaeni. M. 2008. Energy Efficient Multistage Zeolite Drying for Heat Sensitive Products. Doctoral Thesis Wageningen University. The Netherlands.
- 8) Satriawan. I.Y. dan I. Mahmudi. 2011. Pengaruh Penambahan Zeolit Pada Mesin Pengering Padi Type Rotary Terhadap Kualitas Gabah Kering. Universitas Brawijaya
- 9) Lenth. R. V.. 2009. Response-Surface Methods in R. Using RSM. *Journal of Statistical Software*. 32 (7): 1-17.
- 10) R Core Team. 2014. R : A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna. Austria.<<http://www.R-project.org/>>
- 11) Badan Standardisasi Nasional. 2013. Standarisasi Nasional Indonesia (SNI) Madu. Dilihat 17 September 2014. <<http://www.staneclime.org>>
- 12) AOAC. 1995. Official Method of Analysis. Association of Official Analytical Chemist Inc. Arlington. Washinton DC.
- 13) Sudarmadji. S.. Bambang Haryono. dan Suhardi. 1998. Analisis Bahan Makanan dan Pertanian. Penerbit Liberty Yogyakarta dan Pusat Antar Universitas. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- 14) Yuwono. S.S. dan T. Susanto. 2001. Pengujian Fisik Pangan. THP FTP Universitas Brawijaya Malang
- 15) Khuri. A.I. dan Mukhopadhyay. S. 2010. Response Surface Methodology. *Wiley Interdisciplinay Reviews: Computational Statistics*. 2(2): 128-149
- 16) Kuhnt. S. dan Rudak. N. 2013. Simultaneous Optimization of Multiple Responses with the R Package JOP. *Journal of Statistical Software* 54 (9): 1-23
- 17) Wu. M. Sing H. Wang S.. dan Xu S. 2006. Optimizing Condition for the Purification of Linoleic Acid from Sunflower Oil by Urea Complex Fractionation. *Journal Am Oil Chem* 85: 677-684
- 18) Sahinler. N. 2007. Effects Of Heating And Storage On Hydroxy Methylfurfural And Diastase Activity Of Different Turkish Honey. *Journal of Apicultural Research*. 46(1): 36-41
- 19) Nanda. P..B. Radiati. L. E.. dan Rosyidi. D. 2014. Perbedaan Kadar Air Glukosa dan Fruktosa pada Madu Karet dan Madu Sonokeling. Fakultas Peternakan Universitas Brawijaya.
- 20) Silitonga. A.O.. Sebayang. F. dan Surbakti. R. 2011. Identifikasi dan Karakterisasi Sifat Fisik dan Kimia Madu Asli dan Madu yang Dijual dari Berbagai Sumber. Dilihat 6 Oktober 2014. <<http://www.repository.usu.ac.id/handle/123456789/>> .
- 21) Saxena S.. Gauta S.. and Sharma A. 2010. Physical. biochemical and Antioxidant Properties of Some Indian's Honey. *Food Chemistry* 118: 922-928
- 22) Sanz. M. L.. Gonzalez. M.. De Lorenzo. C.. Sanz. J.. and Martinez-Castro. I. 2005. A Contribution to the Differentiation Between Nectar Honey and Honeydew Honey. *Food Chemistry*. 91: 313–317.
- 23) National Honey Board (2006a). Carbohydrate and the Sweetness of Honey. Dilihat 15 Maret 2015. <[www.nhb.org](http://www.nhb.org)>
- 24) Anklam E. 1997. A Review of The Analytical Methods to Determine The Geographical and Botanical Origin of Honey. *Food Chemistry*. 63(4): 549-562.
- 25) Suarez. M. A. Sara.. T. Stefania. R. Enrico. E. Bertoli. and M. Battino. 2010. Contribution of Honey in Nutrition and Human Health: a review. *Journal Mediterr Nutrition*. 3: 15-23