

Efektivitas Variasi Lama Waktu Pengukusan pada Titik Didih 100°C dalam Menurunkan Kadar Formalin pada Tahu Putih

The Effectiveness of Variations in Steaming Time at Boiling Point 100°C in Reducing Formalin Levels in White Tofu

Vidiya Nurhaliza¹⁾, Nurul Amaliyah¹⁾, Ratih Lukmitarani^{1)*}

Jurusan Kesehatan Lingkungan, Poltekkes Kemenkes Semarang, Banyumas, Indonesia

Abstrak

Badan POM menemukan 22 sarana produksi tahu dan mie basah di DKI Jakarta, Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Kalimantan Timur, Riau, dan Sumatera Barat yang menyalahgunakan formalin sebagai pengawet makanan pada periode Januari hingga Juni 2022. Mengonsumsi makanan berformalin menyebabkan iritasi, gangguan saraf pusat, pencernaan, pernapasan, hingga kanker. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perbedaan efektivitas berbagai lama waktu pengukusan pada titik didih 100°C untuk menurunkan kadar formalin pada tahu putih. Jenis penelitian ini adalah *pre-experiment* dengan desain *static group comparison*. Sampel berupa 24 buah tahu putih non-formalin di pedagang X Pasar Wage Purwokerto yang direndam larutan formalin 2% selama 30 menit, kemudian dikukus selama 0, 40, 50, dan 60 menit pada titik didih 100°C dengan 6 replikasi. Hasil rata-rata kadar formalin tahu putih dengan pengukusan 0 menit sebesar 350,202 ppm, 40 menit sebesar 346,393 ppm, 50 menit sebesar 341,333 ppm, dan 60 menit sebesar 330,976 ppm. Hasil uji *annova one way* terdapat perbedaan yang signifikan dalam penurunan kadar formalin pada tahu putih yang dikukus pada titik didih 100°C selama 0, 40, 50, dan 60 menit (*p-value* 0,000). Pengukusan selama 60 menit menurunkan kadar formalin sebesar 5,47% atau 19,225 ppm, 50 menit sebesar 2,52% atau 8,868 ppm, dan 40 menit sebesar 1,08% atau 3,809 ppm. Berbagai variasi lama waktu pengukusan pada titik didih 100°C memiliki efektivitas yang berbeda dalam menurunkan kadar formalin dengan pengukusan selama 60 menit dinilai yang paling efektif. Bagi peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode pengukusan dengan wadah terbuka untuk hasil penurunan kadar formalin yang lebih optimal.

Kata kunci : Formalin; Lama Waktu Pengukusan; Tahu Putih; Titik Didih 100°C

Abstract

The Food and Drug Administration found 22 tofu and wet noodle production facilities in DKI Jakarta, East Java, Central Java, West Java, East Kalimantan, Riau, and West Sumatra that misused formaldehyde as a food preservative from January to June 2022. Consuming food with formalin causes irritation, central nervous disorders, digestion, respiratory, and cancer. This study aims to analyze the different effectiveness of various steaming times at 100°C boiling point to reduce formalin levels in white tofu. This type of research is a *pre-experiment* with a *static group comparison* design. Samples of 24 pieces of non-formalinized white tofu at trader X Purwokerto Pasar Wage were soaked in 2% formalin solution first for 30 minutes, then steamed for 0, 40, 50, and 60 minutes at a boiling point of 100°C with 6 replications. The average result of formalin content of white tofu with 0 minutes of steaming was 350.202 ppm, 40 minutes was 346.393 ppm, 50 minutes was 341.333 ppm, and 60 minutes was 330.976 ppm. The results of the one-way annova test showed a significant difference in the decrease of formaldehyde levels in white tofu steamed at a boiling point of 100°C for 0, 40, 50, and 60 minutes (*p-value* 0,000). Steaming for 60 minutes reduced the formalin content by 5.47% or 19,225 ppm, 50 minutes amounted to 2.52% or 8,868 ppm, and 40 minutes amounted to 1.08% or 3,809 ppm. Various variations of steaming time at a boiling point of 100°C have different effectiveness in reducing formalin levels with steaming for 60 minutes considered the most effective. Future researchers are advised to use the steaming method with an open container for more optimal results in reducing formalin levels.

Keywords : Boiling Point 100°C; Formalin; Steaming Time; White Tofu

Corresponding Author* : Ratih Lukmitarani

Email : ratihlukmitarani02@gmail.com

1. Pendahuluan

Pangan berupa sumber daya hayati produk perairan, perikanan, pertanian, peternakan, dan perkebunan, baik yang tidak diolah maupun diolah, sebagai minuman atau makanan bagi konsumsi manusia. Bahan pangan dianggap aman jika terbebas dari zat-zat berbahaya baik secara fisik, kimiawi, atau mikrobiologis¹. Badan POM menemukan 22 sarana produksi tahu dan mie basah di DKI Jakarta, Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Kalimantan Timur, Riau, dan Sumatera Barat yang menyalahgunakan formalin sebagai pengawet makanan pada periode Januari hingga Juni 2022². Penggunaan formalin untuk bahan tambahan pangan dilarang berdasarkan Permenkes RI Nomor 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan³.

Salah satu panganan yang rentan mengandung formalin yaitu tahu. Tahu merupakan bahan pangan praktis, terjangkau, dan mudah didapat yang terbuat dari olahan kedelai. Tingginya kadar air dan protein pada tahu menjadikannya media yang baik bagi pertumbuhan mikroba, akibatnya timbul kerusakan seperti perubahan rasa dan bau secara cepat. Maka perlu dilakukan upaya pengawetan guna menjaga kondisi tahu tetap layak konsumsi. Menurut Purwanti, penggunaan formalin sebagai bahan pengawet pangan masih terus meningkat disebabkan harganya ekonomis, praktis karena berbentuk larutan, tersedia secara bebas di toko bahan kimia, tidak membutuhkan kuantitas sebanyak pengawet lainnya, proses pengawetan singkat, dan masyarakat belum sepenuhnya sadar akan risiko bahaya formalin⁴.

Formalin berupa larutan berbau tajam, tak berwarna, dan memiliki kandungan formaldehida sekitar 37% dalam air. Senyawa formalin memiliki gugus aldehida dengan rumus CH_2O yang mudah berikatan dengan protein dan air. *Recommended Dietary Daily Allowances* (RDDA) menetapkan batas penggunaan harian (*daily intake*) formalin pada tubuh manusia sebesar 0,2 mg/kgBB⁵. Bahaya akut dan kronik penggunaan formalin pada pangan berupa pusing, iritasi, kerusakan jantung, hati, limpa, ginjal, pankreas, gangguan saraf pusat, pencernaan, dan pernapasan. Menurut Lembaga Internasional untuk Penelitian Kanker (IARC) formalin bersifat karsinogenik, sehingga konsumsi formalin secara berkepanjangan dapat menyebabkan kanker⁶. Terdapat peningkatan 18,1 juta pasien kanker di seluruh dunia setiap tahunnya, setengah dari kasus tersebut disumbang oleh negara berkembang⁷.

Uji formalin tahu putih yang dijual di pasar Kedungmundu dan Randusari Semarang, 9 dari 13 sampel diantaranya dinyatakan positif⁸. Hasil identifikasi yang dilakukan Hidayat, 10 dari 12 sampel tahu di Pasar Jungke Kabupaten Karanganyar positif mengandung formalin⁹. Seluruh sampel tahu sumedang yang dijual di daerah kemacetan Ciawi, Cisarua, dan Cicurug dinyatakan positif mengandung formalin¹⁰. Pada tahun 2022, Badan POM menemukan dua industri tahu berformalin di daerah Parung, Kabupaten Bogor dan mengambil tindakan tegas terhadap keduanya².

Deformalinisasi pada tahu dapat melalui proses pemasakan seperti perebusan, penggorengan, dan pengukusan. Salah satu metode pengolahan pangan yang sering digunakan masyarakat adalah mengukus. Mengukus merupakan cara memasak melalui media uap air sebagai penghantar panas dalam wadah tertutup. Berdasarkan penelitian Lestari, pengukusan ikan nila selama 30 menit pada suhu 95-100°C dapat menurunkan kadar formalin sebesar 78,77%¹¹. Pemanasan dengan suhu 96°C dapat menyebabkan formaldehida menguap¹². Penelitian yang dilakukan Sugiarti, untuk mengurangi kadar formalin pada cumi-cumi, metode pengukusan selama 5 menit menurunkan kadar formalin sebesar 90,31%, hilangnya kadar protein sebesar 16,04%, dan penurunan kadar air sebesar 79,83% ; metode perebusan selama 7 menit menurunkan kadar formalin sebesar 81,73%, hilangnya kadar protein sebesar 18,18%, dan penurunan kadar air sebesar 70,20% ; serta metode penggorengan selama 3 menit menurunkan kadar formalin sebesar 99,28%, hilangnya kadar protein sebesar 32,56%, dan penurunan kadar air sebesar 89,94%¹³. Hilangnya nutrisi pangan pada metode kukus lebih rendah dibanding metode goreng dan rebus¹⁴.

Hasil penjabaran diatas, sehingga peneliti ingin melakukan penelitian terkait penyehatan makanan guna menurunkan kadar formalin pada tahu dengan judul “Efektivitas Variasi Lama Waktu Pengukusan pada Titik Didih 100°C dalam Menurunkan Kadar Formalin pada Tahu Putih”.

2. Bahan dan Metode

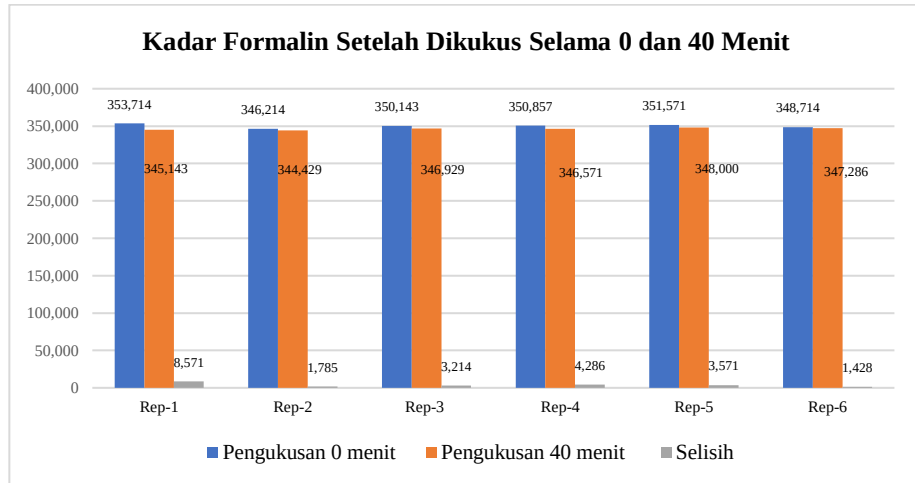
Sampel yang digunakan berupa 24 buah tahu putih non-formalin di pedagang X Pasar Wage Purwokerto yang direndam larutan formalin 2% selama 30 menit, lalu diberi perlakuan yaitu dikukus selama 0, 40, 50, dan 60 menit pada titik didih 100°C dengan replikasi 6 kali, sehingga total sampel pada penelitian ini sebanyak 26 sampel. Jenis penelitian ini berupa *pre-experiment* dengan desain *static group comparison*. Eksperimen dilaksanakan di rumah dan pemeriksaan kadar formalin pada tahu putih dilaksanakan di Laboratorium Biokimia Fakultas MIPA UNSOED dengan metode uji Spektrofotometri UV-Vis. Penelitian

eksperimen ini berskala laboratorium. Metode analisis data yang digunakan yaitu uji parametrik *annova one way* untuk menganalisis perbedaan penurunan kadar formalin pada setiap perlakuan.

3. Hasil dan Pembahasan

a. Analisis Univariat

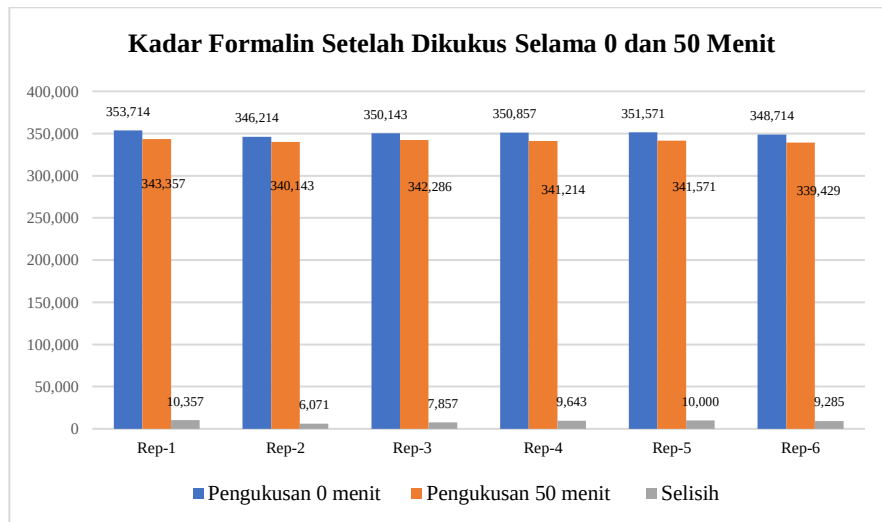
Analisis ini digunakan untuk mengetahui rata-rata hasil penurunan kadar formalin tahu putih pada tiap perlakuan Berikut perbandingan hasil uji kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 0 menit dan 40 menit:



Gambar 1. Kadar Formalin Setelah Dikukus Selama 0 dan 40 Menit

Gambar 1. menunjukkan hasil perhitungan rata-rata kadar formalin setelah pengukusan selama 40 menit yaitu 346,393 ppm. Sementara nilai rata-rata penurunan kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 40 menit sebesar 3,809 ppm.

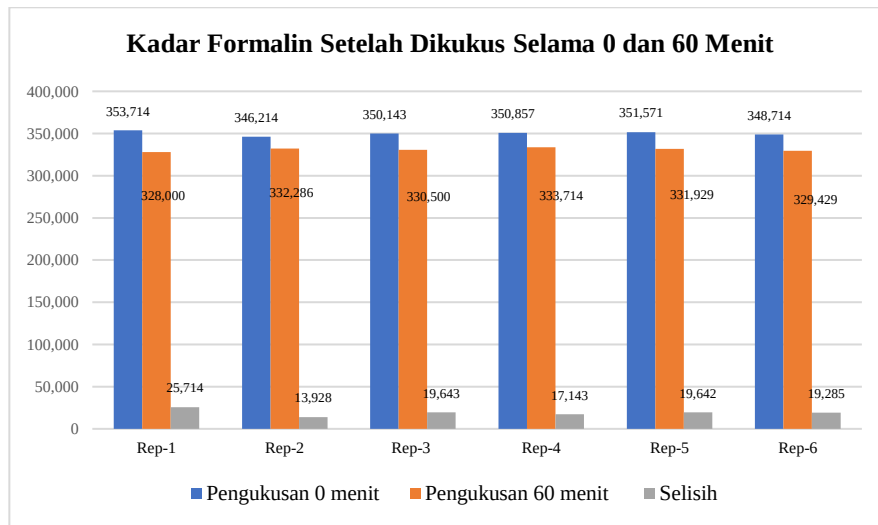
Berikut perbandingan hasil uji kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 0 menit dan 50 menit:



Gambar 2. Kadar Formalin Setelah Dikukus Selama 0 dan 50 Menit

Gambar 2. menunjukkan hasil perhitungan rata-rata kadar formalin setelah pengukusan selama 50 menit yaitu 341,333 ppm. Sementara nilai rata-rata penurunan kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 50 menit sebesar 8,868 ppm.

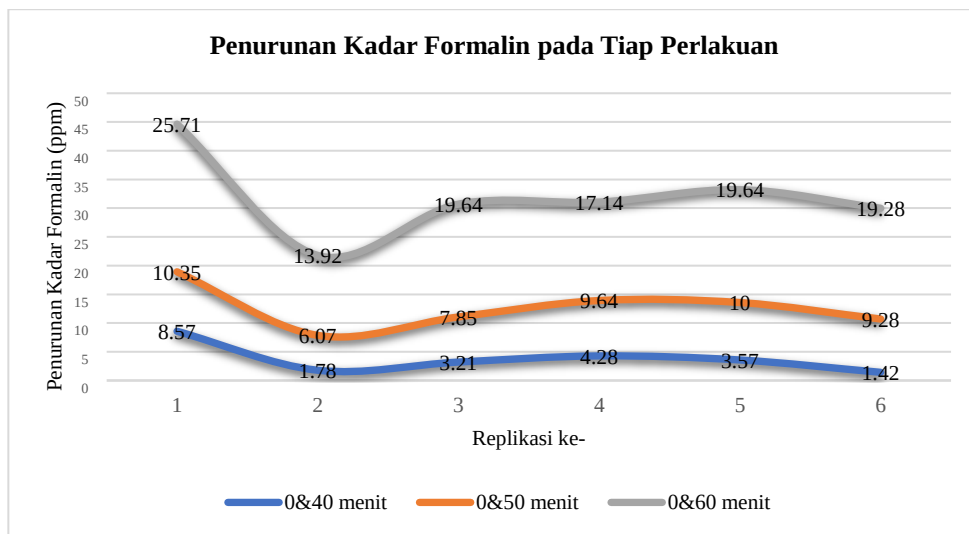
Berikut perbandingan hasil uji kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 0 menit dan 60 menit:



Gambar 3. Kadar Formalin Setelah Dikukus Selama 0 dan 60 Menit

Gambar 3. menunjukkan hasil perhitungan rata-rata kadar formalin setelah pengukusan selama 60 menit yaitu 330,976 ppm. Sementara nilai rata-rata penurunan kadar formalin pada tahu putih yang telah dikukus selama 60 menit sebesar 19,225 ppm.

Sehingga didapatkan grafik penurunan kadar formalin pada tiap perlakuan sebagai gambar 4:



Gambar 4. Penurunan Kadar Formalin pada Tiap Perlakuan

Kelompok perlakuan pengukusan yang memiliki rata-rata penurunan kadar formalin terbesar yaitu kelompok pengukusan 60 menit sebesar 19,225 ppm, sedangkan kelompok yang memiliki nilai terkecil yaitu kelompok pengukusan 40 menit sebesar 3,809 ppm. Berdasarkan penelitian terdahulu, ikan nila dengan kandungan formalin sebesar 5.506,28 ppm, setelah dikukus pada suhu 95-100°C selama 15 menit hasilnya masih terdapat residu formalin yang terkandung sebesar 1.317,19 ppm, sementara pengukusan selama 30 menit menyisakan residu formalin sebesar 1.166,68 ppm¹¹. Penelitian yang dilakukan pada ikan layang yang direndam dengan perbandingan formalin sebanyak 1 ml dan aqudest 1 liter memiliki kandungan formalin sebesar 29,85 ppm, lalu setelah dilakukan pengukusan selama 45 menit pada suhu 60-80°C kadar formalin berkurang menjadi 15,56 ppm¹⁵. Formaldehid memiliki titik didih 96°C, jika dipanaskan pada suhu tersebut maka akan menguap menjadi karbondioksida dan karbonmonoksida. Pengolahan bahan makanan melalui proses pemanasan seperti penggorengan, perebusan, dan pengukusan yang membutuhkan suhu diatas 100°C.

Akibatnya, kandungan formalin pada bahan makanan akan terurai setelah dilakukan pengolahan ¹⁶. Berdasarkan hasil tersebut, maka stabilitas formalin dipengaruhi oleh suhu dan waktu pemanasan.

Formalin yang berikatan dengan protein dan senyawa lain yang kemudian diserap ke dalam jaringan (tahu), sehingga formalin sangat lambat menguap dan membutuhkan waktu yang lama untuk terurai sepenuhnya. Terlebih rata-rata kandungan formalin pada sampel tahu memiliki kadar yang tinggi yaitu 350,202 ppm. Sampel tahu yang digunakan masing-masing sebesar ± 20 gram yang direndam menggunakan formalin 2% selama 30 menit, dengan perbandingan 108 ml formalin dan 1892 ml aquades. Penelitian yang dilakukan Angki Purwanti menggunakan tahu seberat ± 75 gram yang direndam selama 2 jam dengan perbandingan formalin 27% sebanyak 10 ml dan 3 L aquades, sehingga kadar awal formalin sebesar 83 bpj, kemudian setelah dilakukan perebusan pada suhu 100°C selama 5, 10, 15, dan 20 menit kadar formalinnya turun menjadi 55, 46, 41 dan 29 bpj. Penurunan kadar formalin pada penelitian ini tidak sebesar penelitian lainnya karena kadar/jumlah formalin yang digunakan lebih banyak dan berat tahu yang digunakan sebagai sampel lebih kecil. Maka meskipun formalin cenderung menguap pada suhu tinggi, proses pengukusan tidak dapat menghilangkan seluruh kandungan formalin pada sampel ¹⁷.

Analisis data yang digunakan untuk mengetahui efektivitas variasi lama waktu pengukusan pada titik didih 100°C dalam menurunkan kadar formalin pada tahu putih yaitu menggunakan perhitungan:

$$\text{Efektivitas} = \frac{\text{Tanpa Perlakuan} - \text{Setelah Perlakuan}}{\text{Tanpa Perlakuan}} \times 100\%$$

Tabel 1. Efektivitas Variasi Lama Waktu Pengukusan dalam Menurunkan Kadar Formalin

No.	Lama Waktu Pengukusan	Replikasi	Tanpa Pengukusan (0 Menit) (ppm)	Setelah Pengukusan (ppm)	Efektivitas (%)	Rata-rata Efektivitas (%)
1.	40 Menit	1	353,714	345,143	2,48	1,08
		2	346,214	344,429	0,51	
		3	350,143	346,929	0,91	
		4	350,857	346,571	1,22	
		5	351,571	348,000	1,01	
		6	348,714	347,286	0,40	
2.	50 Menit	1	353,714	343,357	2,92	2,52
		2	346,214	340,143	1,75	
		3	350,143	342,286	2,24	
		4	350,857	341,214	2,74	
		5	351,571	341,571	2,84	
		6	348,714	339,429	2,66	
3.	60 Menit	1	353,714	328,000	7,26	5,47
		2	346,214	332,286	4,02	
		3	350,143	330,500	5,60	
		4	350,857	333,714	4,88	
		5	351,571	331,929	5,58	
		6	348,714	329,429	5,53	

Sumber : Data Primer, 2024

Tabel 1. menunjukkan kelompok tahu yang dikukus selama 60 menit memiliki rata-rata efektivitas penurunan kadar formalin tertinggi sebesar 5,47%. Sedangkan kelompok tahu yang dikukus selama 40 menit memiliki rata-rata efektivitas penurunan kadar formalin terendah sebesar 1,08%.

Makanan berprotein ketika ditambahkan kandungan formalin akan membentuk senyawa metilen. Proses pemanasan seperti mengukus akan membantu senyawa tersebut terurai kembali menjadi formalin bebas dan protein. Kandungan formalin dalam sampel tahu berkurang dengan proses pengukusan akibat terjadinya hidrolisis protein yang melemahkan hubungannya dengan formalin, tergantung pada berapa lama periode pengukusan. Seperti perbedaan efektivitas penurunan kadar formalin pada tiap perlakuan dengan berbagai variasi lama waktu pengukusan yang menunjukkan bahwa pengukusan selama 60 menit mampu menurunkan kadar formalin lebih besar dibanding lama waktu pengukusan 50 dan 40 menit. Hal ini dikarenakan pada waktu 60 menit dibandingkan dengan 40 dan 50 menit terjadi kontak yang lebih lama dengan uap air dan panas (reaksi kimia yang menurunkan kadar formalin), sehingga proses hidrolisis berlangsung lebih lama dan mengakibatkan penurunan kadar formalin lebih besar. Dengan demikian teori tersebut selaras dengan penelitian ini, kadar formalin dalam sampel dapat diturunkan dengan metode pengukusan dan lamanya proses pengukusan ¹⁸. Hal tersebut didukung oleh penelitian serupa, bahwa

penurunan residu formaldehid pada ikan nila dengan pengukusan pada suhu 95-100°C selama 15 menit penurunannya sebesar 76,08%, sedangkan pengukusan selama 30 menit penurunannya sebesar 78,77% ¹¹. Proses pengukusan pada suhu 60-80°C selama 45 menit dapat menurunkan 49,82% kadar formalin pada ikan layang ¹⁵.

Jika dipanaskan pada suhu 96°C, formalin akan cenderung menguap ke udara ¹². Penguapan atau evaporasi merupakan proses perubahan cairan menjadi gas atau uap. Berbagai variabel pendukung laju penguapan diantaranya suhu, tekanan, kecepatan angin, kelembapan, dan luas permukaan. Semakin tinggi suhu pemasakan, maka semakin cepat laju penguapan karena panas yang lebih tinggi dapat meningkatkan energi molekul untuk menguap di udara. Konsentrasi air dalam larutan yang digunakan juga mempengaruhi laju penguapan, di mana semakin rendah konsentrasi air maka larutan menjadi lebih pekat, sehingga laju penguapan menjadi lebih lambat karena uap lebih sulit terbentuk. Dibandingkan dengan wadah tertutup dengan volume yang sama, wadah terbuka memiliki luas permukaan yang lebih besar yang terpapar ke atmosfer. Laju penguapan yang lebih tinggi dicapai karena luas permukaan yang lebih besar memberikan molekul air lebih banyak ruang untuk menyerap energi dan melepaskannya sebagai uap ke atmosfer. Berbeda dengan wadah tertutup, di mana uap air terakumulasi dan meningkatkan kelembapan sehingga memperlambat laju penguapan. Pengukusan yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan panci kukus dengan keadaan tertutup. Hal ini memicu proses penguapan tidak optimal, sehingga kadar formalin yang menguap hanya sedikit walaupun dilakukan pemanasan pada suhu 100°C selama 60 menit. Agar penguapan formalin pada makanan lebih optimal, lakukan proses pemasakan seperti pengukusan pada wadah/tempat yang terbuka selama 60 menit ¹⁹.

Namun kecilnya efektivitas penurunan kadar formalin pada sampel tahu menunjukkan bahwa meskipun telah dilakukan pengolahan namun masih ada kandungan formalin yang akan masuk ke dalam tubuh jika makanan tersebut dikonsumsi. Sebab hal ini tidak dapat dihindari, maka dilakukan penetapan batas konsentrasi formalin yang dapat ditoleransi oleh tubuh manusia. *Recommended Dietary Daily Allowances* (RDDA) menetapkan batas harian (*daily intake*) penggunaan formalin bagi manusia berkisar 0,2 mg/kgBB ⁵. Tubuh manusia mampu mentoleransi kadar formalin hingga 0,1 ppm, namun penggunaan selama lebih dari lima tahun secara terus menerus mengakibatkan risiko terjadinya kerusakan hati, kegagalan fungsi ginjal, gangguan sistem saraf pusat, dan kanker pernapasan. Selain menjadi karsinogen dan mutagen, formalin juga dapat menyebabkan kegagalan peredaran darah dan penyebab kematian pada konsentrasi yang sangat tinggi (>100 ppm) ²⁰. Pemerintah telah melarang penggunaan formalin sebagai BTP (Bahan Tambahan Pangan) melalui Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan ³. Sehingga diharapkan masyarakat bijak dalam memilih bahan pangan agar terhindar dari makanan berformalin dengan memperhatikan ciri-cirinya.

b. Analisis Bivariat

Seluruh kelompok data hasil perlakuan berdistribusi normal dan variansnya bersifat homogen. Maka dilanjutkan dengan uji statistik parametrik berupa uji *Annova One Way* guna menganalisis perbedaan penurunan kadar formalin pada setiap kelompok perlakuan.

Tabel 2. Hasil Uji *Annova One Way*

ANNOVA		
	F	Sig.
Kadar Formalin	113.238	.000

Sumber : Data Primer, 2024

Pada tabel 2. menyajikan hasil uji *Annova One Way*, nilai *p-value* yang diperoleh sebesar 0,000, dimana nilai tersebut lebih kecil dari nilai signifikansi yang digunakan (0,05). Dapat disimpulkan bahwa keempat variasi lama waktu pengukusan tersebut memiliki perbedaan yang signifikan dalam menurunkan kadar formalin pada tahu putih. Hasil penelitian ini serupa dengan analisa statistik regresi linier yang dilakukan Hery, didapatkan nilai sig. 0,000 yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh waktu perebusan dengan air terhadap penurunan kadar formalin dalam sampel bakso secara signifikan ¹⁸. Pada penelitian lainnya, perlakuan penggorengan dan pengukusan terbukti memberikan pengaruh yang nyata terhadap kandungan akhir formalin dalam tubuh ikan dengan nilai *p-value* < 0,01 ¹⁵. Teknik pengukusan ini memindahkan panas dari uap ke makanan melalui konveksi ¹¹. Formaldehida sendiri dapat menguap jika

dipanaskan hingga suhu 96°C¹². Hal ini membuktikan bahwa lamanya proses pengukusan berpengaruh secara nyata terhadap penurunan kadar formalin pada makanan.

Selanjutnya dilakukan uji *Post Hoc* guna mengetahui apakah suatu kelompok memiliki perbedaan yang signifikan terhadap kelompok lainnya.

Tabel 3. Hasil Uji *Post Hoc*

Tukey HSD		
Sampel (I)	Sampel (J)	Sig.
0 menit	40 menit	.013
	50 menit	.000
	60 menit	.000
40 menit	50 menit	.001
	60 menit	.000
50 menit	60 menit	.000

Sumber : Data Primer, 2024

Tabel 3. menunjukkan seluruh kelompok perlakuan memiliki perbedaan yang signifikan antar kelompok. Hal ini membuktikan bahwa terdapat perbedaan efektivitas penurunan kadar formalin pada tiap variasi lama waktu pengukusan.

4. Simpulan dan Saran

Penelitian ini menunjukkan bahwa pengukusan tahu putih pada titik didih 100°C selama 0, 40, 50, dan 60 menit menurunkan kadar formalin secara signifikan, dengan rata-rata kadar formalin masing-masing waktu pengukusan sebesar 350,202 ppm, 346,393 ppm, 341,333 ppm, dan 330,976 ppm. Pengukusan selama 60 menit memiliki efektivitas tertinggi, menurunkan kadar formalin hingga 5,47%. Oleh karena itu, masyarakat disarankan untuk lebih teliti dalam memilih tahu, dengan mengenali ciri-ciri adanya formalin, dan bagi peneliti selanjutnya disarankan menggunakan metode pengukusan dengan wadah terbuka untuk hasil penurunan kadar formalin yang lebih optimal.

5. Daftar Pustaka

1. Peraturan Pemerintah RI. Peraturan Pemerintah Nomor 86 tahun 2019. 86 2019.
2. BPOM. Badan POM Tindak Tegas Sarana Produksi Tahu Berformalin Beromset Ratusan Juta di Parung. BPOM. 2022 Jun 12;
3. Kementrian Kesehatan RI. Peraturan Kementrian Kesehatan RI Nomor 33 tahun 2012 tentang Bahan Tambahan Pangan. 2012.
4. Purwanti A, Prasetyorini T, Mujiyanto B. Pengaruh Waktu Perendaman Ikan Asin Selar Kuning (*Selaroides leptolepis*) dalam Air Leri Pekat Terhadap Degradasi Formalin. 2017 Sep;5:11–21.
5. Sari I, Adawiyah R, Nurhidayanti N. Perbedaan Hasil Kadar Formalin pada Sampel Tahu yang Direndam Air Hangat dan Air Garam Menggunakan Metode Spektrofotometri UV-Vis. Jurnal Media Kesehatan. 2022 Dec 27;15(2):140–53.
6. Handayani T, Mutiara S. Pemeriksaan Kandungan Zat Kimia Formalin pada Bakso Ikan dan Tahu. Jurnal Katalisator. 2020 Apr 29;5(1):81.
7. IARC. Latest Global Cancer Data: Cancer Burden Rises to 18.1 Million New Cases and 9.6 Million Cancer Deaths in 2018. WHO. 2018 Oct 17;
8. Wahyono BS. Identifikasi Penggunaan Formalin pada Tahu Putih di Pasar Kedungmundu dan Randusari Semarang. Jurnal Pangan dan Gizi [Internet]. 2016;6(1):1–11. Available from: <https://www.researchgate.net/publication/359207285>
9. Hidayat FA. Identifikasi Kandungan Formalin pada Tahu di Pasar Tradisional Desa Jungke Kabupaten Karanganyar. [Surakarta]: Universitas Muhammadiyah Surakarta; 2022.
10. Hutami R, Kurniawan MF, Khoerunnisa H. Analisis Kandungan Mikroba, Formalin, dan Timbal (Pb) pada Tahu Sumedang yang Dijual Di Daerah Macet Cicurug, Ciawi, dan Cisarua Jawa Barat. Jurnal Agroindustri Halal. 2020 Apr 7;6(1):87–96.

11. Lestari R. Retensi Formalin dalam Ikan Nila (*Oreochromis niloticus*) dengan Perlakuan Kitosan dan Pengukusan. [Bogor]: Institut Pertanian Bogor; 2016.
12. Amaliyah N. *Penyehatan Makanan dan Minuman-A*. 1st ed. Gunawan AT, editor. Pontianak: Deepublish; 2017. 119 p.
13. Sugiarti M, Dwi Anggo A, Riyadi H. Efek Perendaman pada Suhu Undercooking dan Metode Cooking Terhadap Pengurangan Kadar Formalin pada Cumi-cumi (*Loligo* sp.). *Jurnal Pengolahan dan Bioteknologi Hasil Perikanan* [Internet]. 2014 Apr;3:90–8. Available from: <http://www.ejournal-s1.undip.ac.id/index.php/jpbhp>
14. Asti Melinda G. Pengaruh Lama Pengukusan Terhadap Sifat Fisik dan Kimia pada Fillet Ikan Kakap Merah (*Lutjanus* sp.). 2017;5.
15. Prasetio B. Pengaruh Pemasakan Terhadap Kandungan Akhir Formalin pada Ikan Layang (*Decapterus* sp) Berformalin. [Malang]: Universitas Brawijaya; 2007.
16. Laksmiani NPL, Widjaja INK, Sonia. Stabilitas Formalin terhadap Pengaruh Suhu dan Lama Pemanasan. *Jurnal Farmasi Udayana*. 2015;4(2):76–81.
17. Purwanti A, Rismini S, Mujianto B. Kandungan Formalin pada Bakso dan Tahu Setelah Dilakukan Beberapa Variasi Perebusan. *Jurnal Ilmu dan Teknologi Kesehatan* [Internet]. 2014 Mar;1(2):169–79. Available from: www.tempointeraktif.com,
18. Prambudi H. Pengaruh Waktu Perebusan dengan Air terhadap Penurunan Kadar Formalin dalam Bakso. *Syntax Literate* . 2019 May;4(5):80–91.
19. Haji ATS, Wirosodarmo R, Tyas MW. Analisis Nomografi Suhu, Laju Penguapan dan Tekanan Udara untuk Perancangan Alat Desalinasi Tenaga Surya Dengan Pengaturan Vakum. *Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan*. 2017 Aug 30;4(2):1–6.
20. Saparinto C, Hidayanti D. *Bahan Tambahan Pangan*. Yogyakarta: Kanisius; 2006.