

**EVALUASI KADAR FORMALDEHID TAHU
PADA BEBERAPA ARAS KONSENTRASI FORMALIN DAN
SUHU AIR RENDAMAN SERTA KONDISI PEREBUSAN**

**EVALUATION OF FORMALDEHYDE OF TOFU
UNDER SEVERAL LEVELS OF FORMALIN AND
TEMPERATURES OF SOAKING WATER AND BOILING
CONDITIONS**

SKRIPSI

**Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat guna memperoleh gelar
Sarjana Teknologi Pertanian**

**Disusun Oleh :
Agnes Kusumadina**

01.70.0012



**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PANGAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS KATOLIK SOEGIJAPRANATA
SEMARANG**

2006

**EVALUASI KADAR FORMALDEHID TAHU
PADA BEBERAPA ARAS KONSENTRASI FORMALIN DAN
SUHU AIR RENDAMAN SERTA KONDISI PEREBUSAN**

**EVALUATION OF FORMALDEHYDE OF TOFU
UNDER SEVERAL LEVELS OF FORMALIN AND
TEMPERATURES OF SOAKING WATER AND BOILING
CONDITIONS**

Disusun Oleh :

**Nama : Agnes Kusumadina
NIM : 01.70.0012
Program Studi : Teknologi Pangan**

Laporan skripsi ini telah disetujui dan dipertahankan dihadapan sidang penguji
pada tanggal : 20 Oktober 2006

Semarang, 20 Oktober 2006
Program Studi Teknologi Pangan
Fakultas Teknologi Pertanian
Universitas Katolik Soegijapranata

Dosen Pembimbing I,

Dekan

Prof. Dr. Ir. Budi Widianarko, M.Sc

Kristina Ananingsih, ST. M.Sc

Dosen Pembimbing II,

Ita Sulistyawati, S.TP, M.Sc

TUHAN menjadikan segala sesuatu
indah dan tepat pada waktunya.

BAPAK-IBU, "I Love U..."

EYANG, makasih doanya...

OM 'n TANTE, makasih udah sabar dengerin semua curhat Agnes...

Dik ELLA 'n QQ, thx udah mau direpotin... jangan bosan2 lho...

ADIK2-ku (Ipan, Frans, Ian, Epi, Icha, Nila, Rio, 'Ndi, Tyas, Mima, 'Ndu) makasih karena selalu bikin mbak senyum ☺

SHAQ-yanku "CETHOUL", thx for always being there for me...

BAPAK-IBU "Ungaran", trima kasih bwt doa 'n perhatiannya...

LINA 'n KANDHU, thx udah nemenin ngab ampe malem You're the best...

AJENK, akhirnya... gelar STP jadi milik qta :-p

INDAH, "Jauh di Mata, Dekat di Hati..."

LILIN, NIKE, INTAN, TINA, 'n YANIE ayooo semangat...

RIRIN 'n MITTA, makasih bwt saran-saran x-an seputar skripsi ya...

Mbak LIA, thx for all your advice to be a better person in a better life...

Thankyou...

RINGKASAN

Tahu merupakan salah satu bentuk produk pangan yang populer di masyarakat Indonesia, walaupun asalnya dari Cina. Sebagai bahan pangan tahu adalah salah satu makanan yang mudah diperoleh di pasaran. Tahu terbuat dari proses penggumpalan (pengendapan) protein susu kedelai. Namun dikarenakan tahu mengandung protein dan kadar air yang tinggi, maka tahu mudah mengalami kerusakan, karena itu banyak usaha yang dilakukan untuk menambah bahan kimia pengawet. Bahan kimia yang biasa digunakan adalah formalin. Apabila konsumen mengkonsumsi makanan yang mengandung formalin, dapat berpengaruh terhadap kesehatan. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pH, kadar air, tekstur dan kadar formaldehid tahu pada beberapa aras konsentrasi formalin dan suhu air rendaman pada dua metode perebusan. Penelitian diawali dengan pembuatan tahu, kemudian tahu direndam dalam larutan formalin dengan konsentrasi 0%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25% selama satu hari dengan dua suhu perendaman yaitu suhu ruang dan suhu refrigerator. Lalu, tahu direbus dengan dua metode perebusan yaitu merebus tahu dalam air sampai air mendidih selama 5 menit (RL) dan merebus tahu dalam air mendidih selama 5 menit (RM). Variable yang digunakan dalam penelitian ini adalah pH, kadar air, kekerasan, dan kadar formaldehid tahu mentah dan tahu matang. Pengukuran kadar formaldehid dilakukan dengan metode spektrofotometri (AOAC, 1990). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH dan kadar air tahu pada beberapa konsentrasi formalin dan suhu air rendaman serta kondisi perebusan tidak berbeda nyata ($p > 0,05$). Sedangkan pada analisa kekerasan dan kadar formaldehid tahu berbeda nyata ($p < 0,05$). Terjadi peningkatan kekerasan dan penurunan kadar formaldehid pada tahu dari kondisi Mentah (M) ke kondisi matang (RL dan RM). Kadar formaldehid tahu pada perendaman suhu ruang ($3,747 \pm 1,169$ ppm) lebih tinggi dibandingkan dengan kadar formaldehid tahu pada perendaman suhu refrigerator ($3,497 \pm 1,027$ ppm). Penurunan kadar formaldehid tahu pada dua kondisi perebusan yang berbeda adalah sebesar 37% - 48% pada RL dan 31% - 40% pada RM.

SUMMARY

Tofu is one of the most popular food products in Indonesia, even though it originally comes from China. It is made by curdling fresh soymilk. Tofu can be categorized as a perishable food, hence many tofu producers usually add food additives to preserve this product. One kind of preservatives that often added to tofu is formaldehyde. If people consume food which is contained formaldehyde, they will pose a health risk. The aims of this study were to analyze pH, water activity, hardness, and formaldehyde contents of tofu under several levels of formaldehyde and temperatures of soaking water and boiling conditions. This study is started with making tofu, then soaking tofu in formaldehyde solution with some concentration levels (0%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; 0,25%) for one day with two soaking temperatures (room and refrigeration temperature). After that, the tofu cooked in two boiling methods, i.e. cooking tofu together with water until it is boiled for five minutes (RL) and adding tofu in boiling water for five minutes (RM). The parameters variables measured in this research were pH, water activity, hardness and formaldehyde content in fresh tofu and cooked tofu. Formaldehyde contents were analyzed using spectrophotometry method based on AOAC (1990). The result showed that pH and water activity of tofu under several levels of formaldehyde and temperature of soaking water and boiling conditions have no significant differences ($p > 0,05$). However, in terms of hardness and formaldehyde concentration, tofu samples have significant differences ($p < 0,05$). There is an increase of hardness and decrease of formaldehyde content. The formaldehyde content in tofu soaked in room temperature is higher ($3,747 \pm 1,169$ ppm) than those in tofu soaked in refrigeration temperature ($3,497 \pm 1,027$ ppm). The reduction of formaldehyde concentration due to two different boiling conditions were 37% - 48% and 31% - 40% respectively for RL and RM.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada **Juru Selamat**-ku *Jesus Christ* yang selalu melimpahkan berkat kasih dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan Skripsi dengan judul “**EVALUASI KADAR FORMALDEHID TAHU PADA BEBERAPA ARAS KONSENTRASI FORMALIN DAN SUHU AIR RENDAMAN SERTA KONDISI PEREBUSAN**”

Dengan selesainya Laporan Skripsi ini, penulis ingin mengucapkan banyak terima kasih kepada :

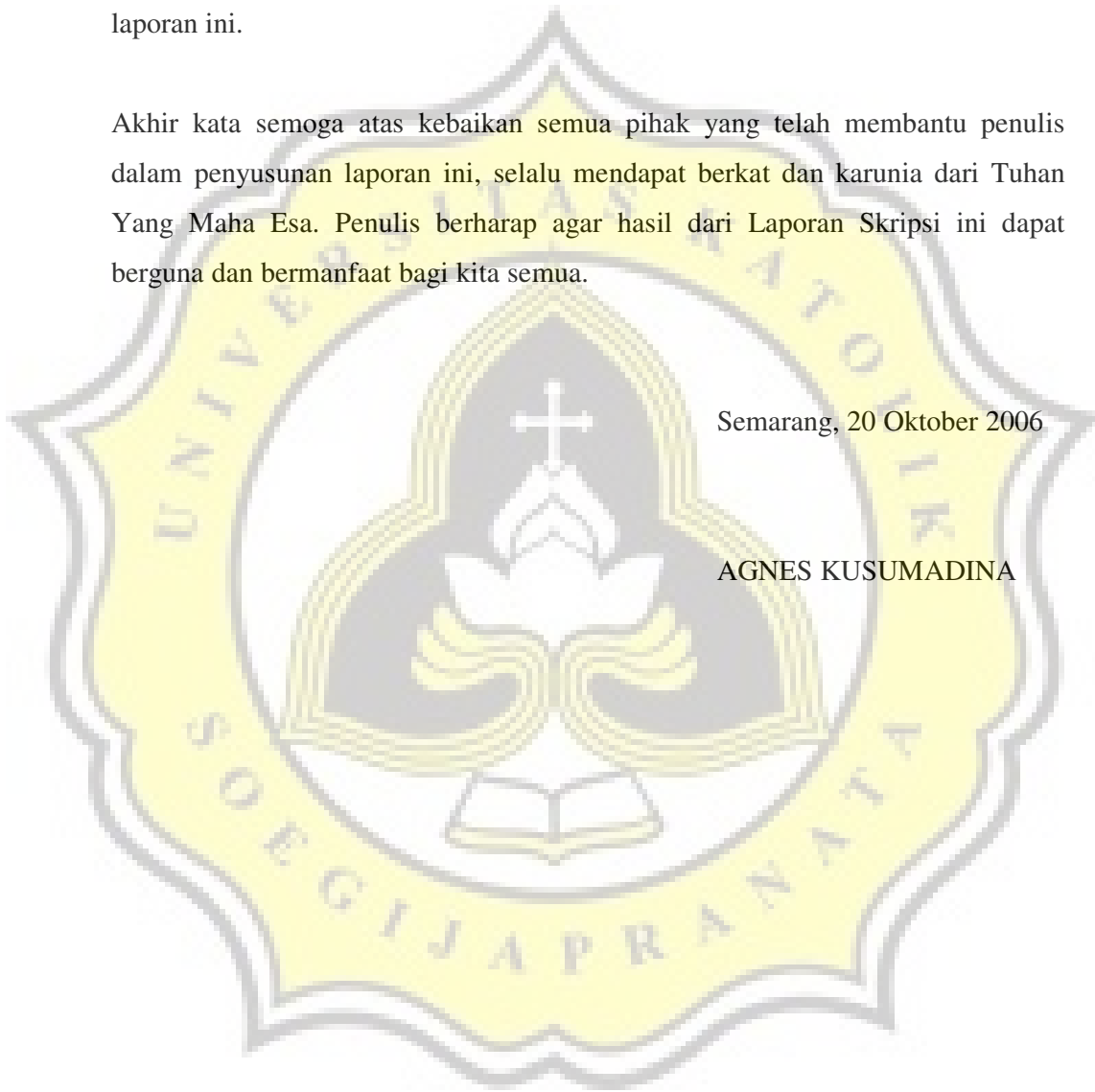
1. **Kristina Ananingsih, ST. M.Sc** selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Katolik Soegijapranata.
2. **Prof. Dr. Ir. Budi Widianarko, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing penulis dengan sangat sabar dalam penyusunan laporan skripsi ini hingga dapat terselesaikan.
3. **Ita Sulistyawati, S.TP, M.Sc** selaku Dosen Pembimbing II yang telah banyak membantu dan membimbing penulis dalam penyusunan laporan skripsi hingga dapat diselesaikan.
4. **Keluarga besar, kedua orang tua dan adikku** yang telah memberikan bantuan moril maupun materiil serta doa sehingga Laporan Skripsi ini dapat selesai dengan baik.
5. Sahabat-sahabatku tercinta: **Nike, Indah, Ajeng, Lina, Lilin, Intan, Ririn, Mitha, Tina** dan **Yanie** yang selalu ada untuk memberi tawa dan motivasi pada penulis dalam penyusunan Laporan Skripsi ini.
6. Teman-teman kostku: **Mbak Lia, Yona, Nungkat, Fafa**, dan semuanya yang selalu memberi dorongan semangat dan tawa pada penulis selama penyusunan Laporan Skripsi ini.
7. **Sagita Aditiawan** dan **keluarga**, yang telah memberi cinta, dorongan, semangat dan perhatian dalam penyusunan Laporan Skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Skripsi ini, masih belum sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Hal ini dikarenakan keterbatasan kemampuan dan pengetahuan yang dimiliki penulis, oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan demi kesempurnaan laporan ini.

Akhir kata semoga atas kebaikan semua pihak yang telah membantu penulis dalam penyusunan laporan ini, selalu mendapat berkat dan karunia dari Tuhan Yang Maha Esa. Penulis berharap agar hasil dari Laporan Skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi kita semua.

Semarang, 20 Oktober 2006

AGNES KUSUMADINA



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
1. PENDAHULUAN	1
2. MATERI DAN METODE	10
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian	10
2.2. Persiapan Sampel	10
2.2.1. Pembuatan Tahu	10
2.2.2. Perendaman Formalin	12
2.2.3. Perebusan Tahu	12
2.2.4. Desain Perlakuan Sampel	12
2.3. Analisa Kimiawi	13
2.3.1. Analisa pH	13
2.3.2. Analisa Kadar Air	13
2.3.3. Analisa <i>Hardness</i> (Kekerasan)	13
2.3.4. Analisa Kadar Formaldehid	14
2.4. Analisa Data	15
3. HASIL PENELITIAN	16
3.1. pH dan Kadar Air	16
3.2. <i>Hardness</i> (Kekerasan)	17
3.3. Kadar Formaldehid	21
4. PEMBAHASAN	28
5. KESIMPULAN	36
6. DAFTAR PUSTAKA	37

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Syarat-syarat Mutu Tahu (SNI 0270.90)	1
Tabel 2. Komposisi Nutrisi Tahu dalam gram/100 g bahan	2
Tabel 3. Bahan Makanan yang Disinyalir Mengandung Bahan Kimia Tambahan	5
Tabel 4. Sifat-sifat kimia Formalin	6
Tabel 5. pH dan Kadar Air Tahu pada Kondisi dan Konsentrasi Formalin Air Rendaman yang Berbeda	16
Tabel 6. <i>Hardness</i> Tahu Berdasarkan Perbedaan Kondisi Perebusan pada Dua Suhu Perendaman	18
Tabel 7. <i>Hardness</i> Tahu Berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman	20
Tabel 8. Kadar Formaldehid Tahu Berdasarkan Perbedaan Kondisi Perebusan pada Dua Suhu Perendaman	21
Tabel 9. Kadar Formaldehid tahu berdasarkan perbedaan konsentrasi formalin air rendaman	23
Tabel 10. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Ruang	25
Table 11. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Refrigerator	26

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Diagram Pembuatan Tahu	11
Gambar 2. Desain Perlakuan Sampel	12
Gambar 3. <i>Texture Analyzer</i>	14
Gambar 4. Kurva Standar Formaldehid	15
Gambar 5. <i>Hardness</i> Tahu Berdasarkan Perbedaan Kondisi Perebusan pada dua Suhu Perendaman	19
Gambar 6. <i>Hardness</i> Tahu Berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman	20
Gambar 7. Kadar Formaldehid Tahu Berdasarkan Perbedaan Kondisi Perebusan pada dua Suhu Perendaman	22
Gambar 8. Kadar Formaldehid Tahu berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman	24
Gambar 9. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Ruang	25
Gambar 10. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Refrigerator	27

DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Gambar Kondisi Tahu pada Perendaman Suhu Ruang
- Lampiran 2. Gambar Kondisi Tahu pada Perendaman Suhu Refrigerator
- Lampiran 3. Prosedur Pembuatan reagen dan Kurva Standar
- Lampiran 4. Data Pengukuran pH Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Ruang
- Lampiran 5. Data Pengukuran pH Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Refrigerator
- Lampiran 6. Data Pengukuran Kadar Air Tahu pada Kondisi dan Rendaman Formalin Suhu Ruang dan Refrigerator
- Lampiran 7. Data Pengukuran *Hardness* Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Ruang
- Lampiran 8. Data Pengukuran *Hardness* Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Refrigerator
- Lampiran 9. Data Pengukuran Absorbansi Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Ruang
- Lampiran 10. Data Pengukuran Absorbansi Sampel Tahu pada Perendaman Formalin Suhu Refrigerator
- Lampiran 11. Data Perhitungan Kadar Formaldehid Tahu berdasarkan Kondisi dan Konsentrasi Formalin Air Rendaman pada dua Suhu
- Lampiran 12. Analisa ANOVA 2 Arah (*Two Way Anova*) pH Tahu berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman dan Kondisi Perebusan yang Berbeda
- Lampiran 13. Analisa ANOVA 2 Arah (*Two Way Anova*) Kadar Air Tahu berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman dan Kondisi Perebusan yang Berbeda
- Lampiran 14. Analisa ANOVA 2 Arah (*Two Way Anova*) *Hardness* Tahu berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman dan Kondisi Perebusan yang Berbeda
- Lampiran 15. Analisa ANOVA 2 Arah (*Two Way Anova*) Kadar Formaldehid Tahu berdasarkan Konsentrasi Formalin Air Rendaman dan Kondisi Perebusan yang Berbeda

1. PENDAHULUAN

Tahu merupakan salah satu jenis makanan yang sudah lama dikenal dan sering dijumpai dalam masakan Indonesia. Tahu sering dikonsumsi sehari-hari untuk memenuhi kebutuhan protein baik dalam bentuk lauk pauk maupun sebagai makanan selingan. Tahu sebenarnya bukan makanan asli Indonesia karena produk ini berasal dari Cina. Tahu berasal dari kata *toufu* (Cina), *doo bu* (Korea), *tofu* (Jepang), *tokua* (Philipina) dan *tau foo* (Malaysia). Tahu merupakan salah satu produk hasil penggumpalan protein kedelai (Kastyanto, 1996).

Proses dalam pembuatan tahu meliputi penggilingan kedelai menjadi bubur kedelai dan penggumpalan protein kedelai dengan koagulan (Erickson, 1995). Menurut Liu (1999), pada dasarnya terdapat tiga tahapan pokok dalam pembuatan tahu yaitu pembuatan susu kedelai, penggumpalan susu kedelai dan pencetakan. Beberapa syarat mutu tahu menurut SNI 0270.90 Departemen Perindustrian RI disajikan dalam Tabel 1.

Tabel 1. Syarat-syarat Mutu Tahu (SNI 0270.90)

Kriteria uji	Persyaratan
1. Keadaan :	
a. Bau	Normal
b. Rasa	Normal
c. Warna	Putih bersih / kuning bersih
d. Penampakan	Normal tidak berlendir dan tidak berjamur
2. Abu (%)	Maksimal 1
3. Protein (%)	Maksimal 9
4. Serat kasar (%)	Maksimal 0,1

Sumber : Departemen Perindustrian RI, 1980

Tahu adalah sumber protein nabati yang mudah diperoleh dan sering dikonsumsi oleh masyarakat. Kandungan protein yang terdapat dalam tahu cukup tinggi sehingga tahu dapat digunakan sebagai sumber protein nabati (Kastyanto, 1996). Hal serupa juga dinyatakan oleh Mudjajanto (2005) yaitu tahu merupakan salah satu makanan yang menyehatkan karena kandungan proteinnya yang tinggi serta mutunya setara dengan mutu protein hewani. Hal ini bisa dilihat dari nilai NPU

(*Net Protein Utility*) tahu yang mencerminkan banyaknya protein yang dapat dimanfaatkan tubuh, yaitu sekitar 65 persen, disamping mempunyai daya cerna tinggi sekitar 85-98 persen. Oleh karena itu, tahu dapat dikonsumsi oleh segala lapisan masyarakat. Tahu juga mengandung zat gizi yang penting lainnya, seperti lemak, vitamin dan mineral dalam jumlah yang cukup tinggi. Komposisi nutrisi dari tahu menurut Daftar Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Komposisi Nutrisi Tahu dalam g/100 g bahan

Zat gizi	Komposisi (g)
Air	82,2
Protein	10,9
Lemak	4,6
Karbohidrat	0,8
Serat	0,1
Abu	1,4

Sumber : Daftar Komposisi Zat Gizi Pangan Indonesia, 1995

Selain memiliki kelebihan, tahu juga mempunyai kelemahan, yaitu kandungan airnya yang tinggi sehingga mudah rusak karena mudah ditumbuhi mikroba. Kerusakan tahu sangat erat kaitannya dengan aktivitas bakteri (Mudjajanto, 2005). Pada suhu kamar kerusakan tahu dimulai pada jam ke-12. Sedangkan pada suhu lemari es kerusakan tahu dimulai pada hari ke-6. Tahu merupakan bahan pangan yang mudah rusak meskipun disimpan pada suhu refrigerator karena tahu memiliki pH yang relatif netral (5.8 – 6.2) dan kadar air yang tinggi (80 – 88%). Beberapa penelitian telah mempelajari peningkatan kualitas dan umur simpan tahu. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Pontecorvo & Bourne (1978), umur simpan tahu meningkat hingga 10 – 15 hari dengan cara pengasapan. Sedangkan berdasarkan penelitian Wu & Salunkhe (1977), tahu yang disimpan pada suhu 4,5 °C dengan *pretreatment* pemanasan microwave bersuhu 65, 80, dan 95°C akan memperpanjang umur simpan hingga mencapai 16, 21, dan 27 hari (Kim dan Han, 2002).

Menurut Anonim (2005d), tanda-tanda kerusakan tahu adalah :

- Warna tahu keruh setelah 12 jam disimpan pada suhu kamar (25°C) dan enam hari disimpan pada suhu lemari es (10°C)
- Warna kuning tahu memudar setelah 12 jam disimpan pada suhu kamar (25°C) dan enam hari disimpan pada suhu lemari es (10°C).
- Tekstur tahu agak lunak setelah 24 jam disimpan pada suhu kamar (25°C) dan setelah enam hari disimpan pada suhu lemari es (10°C). Tekstur tahu lunak setelah 10 hari disimpan pada suhu lemari es (10°C).
- Permukaan tahu berlendir, kadang-kadang berjamur setelah 12 jam disimpan pada suhu kamar (25°C) dan setelah enam hari disimpan pada suhu lemari es (10°C).
- Rasa dan aroma tahu asam sampai busuk setelah 12 jam disimpan pada suhu kamar (25°C) dan setelah enam hari disimpan pada suhu lemari es (10°C).

Tahu sering direndam dalam air kran (bersih) untuk mencegah terjadinya pengeringan dan menghalangi pencemaran mikroba pembusuk dari udara. Sebaliknya air perendam yang kurang bersih, justru akan mempercepat pembusukan, sehingga tahu cepat menjadi asam. Dari penelitian diketahui bahwa tahu yang tidak direbus hanya tahan disimpan selama dua hari bila disimpan dalam air sumur atau kran yang bersih. Selanjutnya juga dilaporkan bahwa jika tahu direbus selama 30 menit, kemudian direndam dalam air yang telah dimasak daya simpannya dapat diperpanjang sampai empat hari. Cara penyimpanan terbaik yang dianjurkan adalah dengan membungkus plastik setelah direbus dan kemudian disimpan dalam lemari es. Bila tahu yang dibungkus plastik tersebut disimpan pada suhu kamar dapat tahan sampai 5 hari, sedang dalam lemari es dapat tahan selama 8 hari (Winarno, 1997). Cara lain untuk mengawetkan tahu adalah dengan penambahan zat aditif atau bahan pengawet.

Karena minimnya pengetahuan masyarakat umum tentang zat-zat kimia pengawet dan bahan-bahan kimia tertentu yang ditambahkan dalam bahan pangan, maka penggunaan *food additive* bisa menjadi racun sehingga menjadi “bumerang” bagi

manusia itu sendiri (Winarno, 1997). Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI nomor 329/Menkes/Per/XII/76, yang dimaksud dengan bahan tambahan makanan (*food additive*) adalah bahan yang ditambahkan dan dicampurkan sewaktu pengolahan makanan untuk meningkatkan mutu. Yang termasuk dalam bahan tambahan makanan adalah pewarna, penyedap rasa dan aroma, pemantap, antioksidan, pengawet, pengemulsi, antigumpal, pemucat dan pengental (Winarno, 1997).

Bahan tambahan makanan umumnya digunakan pada tingkat dosis *no-effect*, dengan persyaratan yang memadai. Dengan ketetapan dan standar dari ADI (*Acceptable Daily Intake*), rata-rata untuk semua jenis pengawet seperti asam asetat, asam benzoat, asam format, asam propionat, asam sorbat, formaldehid, rentang kadar yang diterima untuk konsumsi yaitu 1-5% pada ADI (Mahindru, 1995).

Penggunaan bahan tambahan makanan bagi produsen kemungkinan berbeda antara produsen kecil dan produsen besar. Bagi produsen besar, penggunaan bahan tersebut lebih ditujukan untuk memenangkan persaingan dengan rival bisnisnya. Bagi produsen kecil, penggunaan bahan tersebut dapat digunakan untuk menekan biaya produksi. Selain itu produsen kecil cenderung tidak mengetahui bahan tambahan makanan apa saja yang diperbolehkan maupun tidak untuk digunakan, sehingga mereka dapat menggunakan bahan tambahan makanan yang salah (Rustamaji, 1997). Salah satu contohnya adalah adanya fenomena penggunaan pewarna maupun pengawet yang ditambahkan yang penggunaannya bukan untuk makanan seperti, boraks dan formalin sebagai pengawet (Denfer, 2001).

Menurut Widianarko *et al.* (2003), tahu merupakan salah satu bahan pangan yang disinyalir mengandung formalin. Bahan pangan lain yang disinyalir mengandung formalin yaitu mie, daging ayam segar, ikan segar, susu segar. Berdasarkan temuan Lembaga Pembinaan dan Perlindungan Konsumen (LP2K) pada 2004, mi

basah dan tahu sutera disinyalir juga mengandung formalin. Penelitian Balai Besar POM juga menunjukkan hal serupa, yang ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Bahan makanan yang disinyalir mengandung bahan kimia tambahan

Jenis makanan	Bahan kimia tambahan
Terasi	Rhodamin B (pewarna merah)/pewarna tekstil
Mie basah kuning	Formalin/pengawet mayat
Tahu sutera	Formalin/pengawet mayat
Cireng	Metil yellow (pewarna kuning)/pewarna tekstil
Arumanis	Rhodamin B/pewarna tesktil
Es krim	Sakarin/pemanis buatan
Es lilin	Sakarin /pemanis buatan
Es kelapa muda	Siklamat/pemanis buatan

Sumber : LP2K (2004)

Tahu yang mengandung formalin dapat ditandai dengan :

- Semakin tinggi kandungan formalin, maka tercium bau obat yang semakin menyengat; sedangkan tahu tidak berformalinakan tercium bau protein kedelai yang khas;
- Tahu yang berformalin mempunyai sifat membal (jika ditekan terasa sangat kenyal), sedangkan tahu tak berformalin jika ditekan akan hancur;
- Tahu berformalin akan tahan lama, sedangkan yang tak berformalin paling hanya tahan satu dua hari.

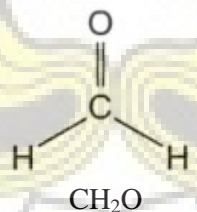
(Mudjajanto, 2005).

Tanpa penelitian laboratorium, orang tidak bisa membedakan antara bahan pangan yang mengandung formalin atau yang tidak mengandung formalin. Formalin merupakan salah satu jenis zat kimia yang berbahaya dan sama sekali tidak boleh dicampurkan dalam makanan maupun minuman. Formalin adalah larutan yang tidak berwarna dan baunya sangat menusuk. Didalam formalin terkandung sekitar 37 persen formaldehid dalam air. Biasanya ditambahkan metanol hingga 15 persen sebagai pengawet. Nama lain formalin adalah formol, paraforin, morbicid, methanal, formoform, formalith, osymethylene, trioxane, karsan, superlysoform (Amiruddin, 2006). Fungsi formalin adalah untuk mengawetkan mayat, juga digunakan sebagai desinfektan, antiseptik dan penghilang bau (Anonim, 2004).

Lebih lanjut dijelaskan oleh Sartono *et al.* (1996) dalam kadar 1-20 % larutan formalin bisa berguna sebagai desinfektan. Formalin digunakan untuk membunuh atau menghambat mikrobia tetapi juga memiliki efek samping yang membahayakan. Formalin merupakan metanal (formaldehid) dalam air dengan metanol sebagai pementap.

Menurut Winarno (1997) formalin adalah nama dagang dari formaldehid dalam air dengan kadar 36-40 %. Formalin biasanya juga mengandung alkohol (metanol) sebanyak 10-15 % yang berfungsi sebagai stabilisator supaya formaldehidnya tidak mengalami polimerisasi. Formaldehida mudah larut dalam air sampai kadar 55 % sangat reaktif dalam suasana alkalis, serta bersifat sebagai zat pereduksi kuat, mudah menguap karena titik didihnya yang rendah. Sifat-sifat kimia dari formalin dapat dilihat dari tabel berikut ini :

Tabel 4. Sifat-sifat kimia formalin

Aspek	Deskripsi
Rumus empiris :	 CH_2O
BM :	30.03 g
Densitas :	0.8153 g/cm ³ (cair pada -20°C)
Titik didih :	-19.2°C (larutan murni)
Titik leleh :	(-92°C) s/d (-118°C)
Daya larut :	Larut dalam air, eter, alkohol dan larutan polar
Faktor konversi :	$1 \text{ mg/m}^3 = 0.80 \text{ ppm}$ $1 \text{ ppm} = 1.25 \text{ mg/m}^3$

Sumber : Anonim (2005a)

Formalin telah digunakan secara ilegal sejak 1970-an, dimana sesungguhnya ambang batas kadar formalin yang dapat ditolerir oleh tubuh adalah 0,2 miligram per kilogram berat badan. Ambang batas bagi setiap individu berbeda-beda tetapi ada pada kisaran itu. Jika kadarnya di bawah itu maka bisa dikeluarkan dari dalam tubuh, sedangkan kalau lebih dari itu secara otomatis akan tertinggal dalam tubuh dan berikatan dengan protein tubuh, itulah sebabnya bisa mengakibatkan kanker (karsinogen) (Anonim, 2005b).

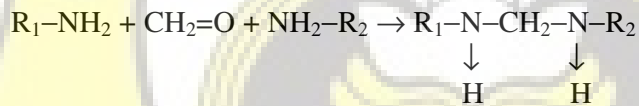
Formalin terbukti bersifat karsinogen atau menyebabkan kanker pada hewan percobaan. Bila dilihat dari respon tubuh manusia terhadap formalin, efek yang sama juga dapat terjadi. Secara intrasel, paparan akut formalin pada hewan percobaan menyebabkan penimbunan lemak pada hati dan degenerasi sel. Sedangkan paparan kronis menyebabkan menurunnya kadar elektrolit intra dan ekstrasel, disintegrasi sel, meningkatnya kekentalan darah, dan meningkatnya jumlah sel darah merah yang immatur, di mana kemampuannya dalam mengikat oksigen belum sempurna. Paparan jangka panjang akan menyebabkan terakumulasinya zat ini dalam tubuh dan berikatan dengan protein tubuh, itulah sebabnya bisa mengakibatkan kanker (Fatimah, 2006).

Lebih lanjut menurut Winarno (1997) dan Daintith (1999), jika formalin dikonsumsi dengan dosis sangat rendah secara terus-menerus, bisa menyebabkan berbagai gejala keracunan yang timbul tidak langsung. Gejala ini muncul 1-10 tahun kemudian, antara lain *konvulsi* (kejang-kejang), *haematuri* (kencing darah), dan *haematomesis* (muntah darah) yang berakhir dengan kematian. Injeksi formalin dengan dosis 100 g dapat mengakibatkan kematian dalam waktu 3 jam.

Dalam bentuk gas dengan konsentrasi 20 ppm secara cepat dapat menyebabkan iritasi mata dan kulit, menyebabkan gangguan pernafasan, gangguan penciuman dan menyerang paru-paru, bila tercium dapat menyebabkan muntah-muntah yang sangat hebat sampai jatuh pingsan (Lewis, 1989). Hal serupa juga dikatakan oleh Winarno (1997), bila formalin menguap di udara berupa gas yang tidak berwarna,

dengan bau tajam menyesakkan, sehingga merangsang hidung, tenggorokan dan mata. Udara yang mengandung kadar 5 mg/l atau lebih dapat membahayakan kesehatan manusia.

Dalam bentuk cair formalin mudah terbakar. Dalam kondisi perut kosong, formalin bereaksi cepat dalam saluran pencernaan. Formalin merupakan racun protoplasmik. Racun ini menyerang sel hidup penyusun seluruh tubuh meskipun dalam metabolisme tubuh, formalin menjadi salah satu produk dalam proses oksidasi asetat menjadi CO₂. Karena itu formalin bereaksi dengan cepat dengan lapisan lendir saluran pernafasan. Formalin juga bersifat menggumpalkan protein sehingga bila dikonsumsi oleh manusia dikhawatirkan dapat menggumpalkan protein jaringan tubuh (Sartono *et al.*, 1996). Formalin bereaksi dengan asam amino yang menyebabkan protein terdenaturasi (Lewis, 1989). Reaksi formalin dengan asam amino protein adalah sebagai berikut:



(Davidek *et al.*, 1990).

Karena adanya reaksi formalin dengan asam amino mengakibatkan perubahan struktur protein sehingga mempengaruhi tekstur produk menjadi lebih kaku. Denaturasi protein secara normal terjadi dengan cepat pada suhu diatas 70⁰C (Fennema, 1985).

Untuk menghilangkan kadar formalin atau deformalinisasi dapat dilakukan dengan berbagai cara. Ada tiga cara penanganan untuk mengurangi kadar formalin pada tahu yaitu, direndam dalam air biasa, dalam air panas, direbus dalam air mendidih, dikukus kemudian direbus dalam air mendidih dan diikuti dengan proses penggorengan (Prasetyo, 2006). Namun sampai saat ini belum diketahui hasil pasti penurunan kadar formalin pada tahu yang terjadi setelah mengalami proses penanganan tersebut.

Menurut Giannakourou & Toukis (2002), selain konsentrasi formalin air rendaman dan kondisi perebusan, suhu selama proses perendaman berlangsung kemungkinan besar berpengaruh terhadap kadar formaldehid tahu.

Adanya kecenderungan penggunaan formalin sebagai pengawet oleh para produsen tahu yang masih berlangsung dari waktu ke waktu, maka konsumen akan mempunyai resiko kesehatan bila mengkonsumsi tahu. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui pH, kadar air, tekstur dan kadar formaldehid tahu pada beberapa aras konsentrasi formalin dan suhu air rendaman pada dua kondisi perebusan.



2. MATERI DAN METODE

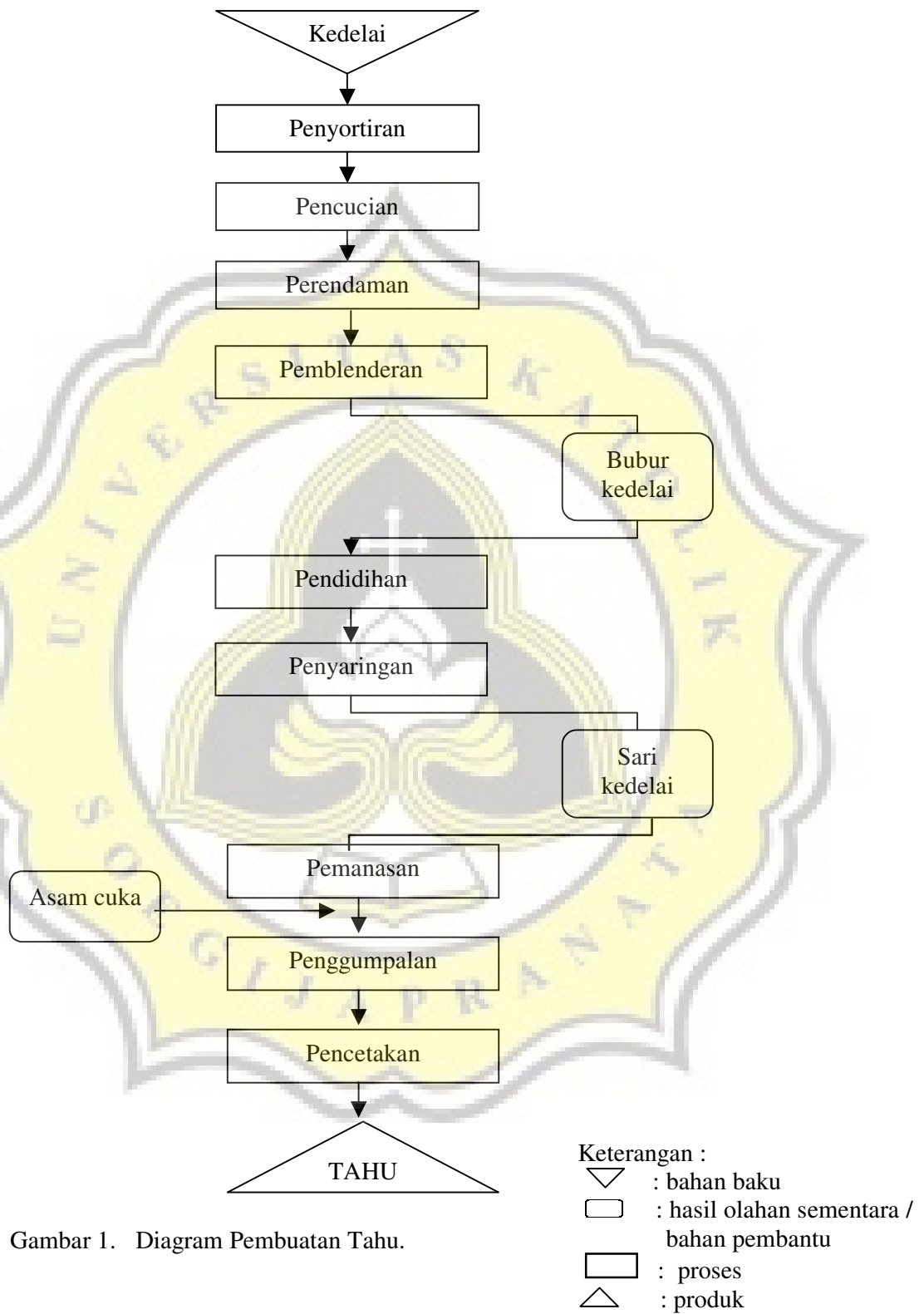
2.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian kadar formaldehid pada tahu dilakukan pada bulan Maret – Juni 2006 di Laboratorium Ilmu Pangan, Fakultas Teknologi Pertanian, Jurusan Teknologi Pangan, Universitas Katolik Soegijapranata, Semarang. Penelitian ini dilakukan dengan pengulangan 3 kali, dan masing-masing uji diulang sebanyak 3 kali ulangan.

2.2. Persiapan Sampel

2.2.1. Pembuatan Tahu

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kacang kedelai import asal USA yang dibeli di Pasar Jatingaleh dan asam cuka tahu atau larutan asam asetat (4%) yang dibeli di toko kimia Indra Sari. Pembuatan tahu dilakukan dengan merendam kedelai terlebih dahulu dalam bak air selama 6-7 jam, agar cukup empuk untuk digiling. Kedelai yang sudah cukup empuk dihaluskan dengan menggunakan *blender*, hingga menjadi bubur. Perbandingan kedelai dan air yang ditambahkan untuk menghaluskan adalah 1:10. Proses selanjutnya adalah perebusan bubur kedelai tersebut hingga berbusa selama 15-20 menit. Jarak waktu antara selesai penggilingan dan pemanasan tidak lebih dari 5-10 menit untuk menjaga kualitas tahu yang dihasilkan. Bubur yang masih mendidih segera disaring dengan menggunakan kain saring. Air hasil saringan tersebut kemudian dicampur dengan asam cuka sebanyak 4% dari air pati kedelai untuk menghasilkan gumpalan yang selanjutnya dicetak sehingga menghasilkan tahu yang padat (Kastyanto, 1996). Diagram pembuatan tahu dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Pembuatan Tahu.

2.2.2. Perendaman Formalin

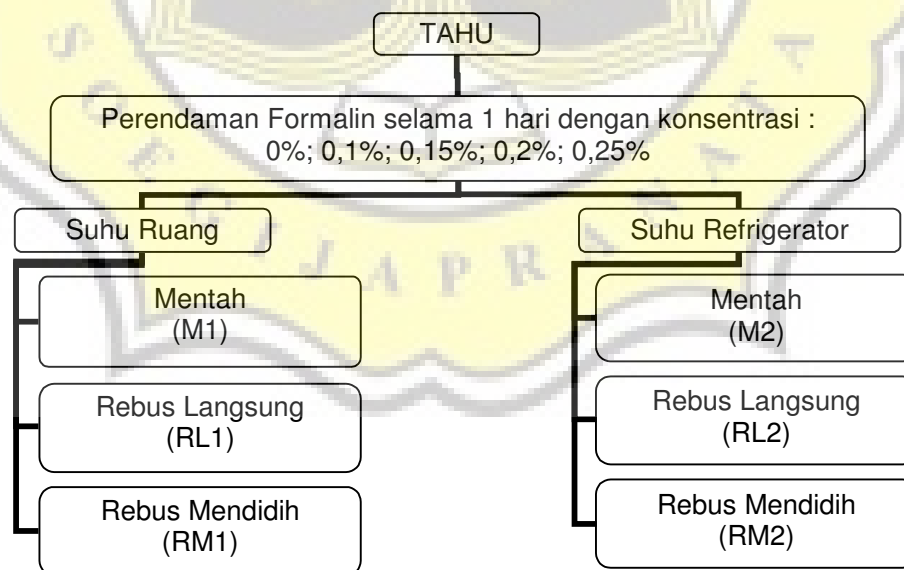
Tahu yang sudah jadi kemudian direndam dalam larutan formalin dengan konsentrasi 0% sebagai kontrol; 0,1%; 0,15%; 0,2% dan 0,25% selama 1 hari (Winarno, 1997) dengan 2 suhu perendaman yaitu suhu ruang ($\pm 28^{\circ}\text{C}$) dan suhu refrigerator ($\pm 8^{\circ}\text{C}$) dengan ulangan 3x dalam wadah tertutup. Ukuran tahu yang digunakan 5cm x 4cm x 4cm dalam volume air rendaman 500 ml.

2.2.3. Perebusan Tahu

Perebusan tahu dilakukan dengan menggunakan dua metode perebusan yaitu, rebus langsung dan rebus air mendidih. Rebus langsung dilakukan dengan merebus tahu secara langsung tanpa menunggu air rebusan mendidih, sedangkan rebus air mendidih dilakukan dengan merebus tahu setelah air rebusan mendidih terlebih dahulu. Perebusan untuk kedua perlakuan dilakukan selama 5 menit setelah air mendidih (Grun *et al.*, 2001).

2.2.4. Desain Perlakuan Sampel

Perlakuan sampel yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Desain Perlakuan Sampel

2.3. Analisa Kimiawi

2.3.1. Analisa pH

Sebanyak 5 gram sampel dihancurkan dan dilarutkan dalam 25 ml air (1 : 5), dan dihomogenkan. Kemudian pH-meter dinyalakan dan dikalibrasi. Setelah elektroda dibilas dengan aquades, elektroda dicelupkan dalam larutan sampel. Biarkan elektroda tercelup beberapa saat sampai diperoleh pembacaan yang stabil. pH yang terukur kemudian dicatat sebagai pH sampel (Clesceri *et al.*, 1998). Pengukuran pH dilakukan dengan menggunakan pH meter merk Hanna HI 8418 yang mempunyai *range* pH 0-14.

2.3.2. Analisa Kadar Air

Penentuan kadar air dilakukan dengan metode termogravimetri, yaitu dengan menghancurkan bahan menjadi bagian yang lebih kecil kemudian ditimbang sebanyak ± 2 gram dalam cawan porselin yang telah diketahui berat konstan, lalu dikeringkan dalam oven pada temperatur 100-105⁰C selama 3-5 jam. Selanjutnya, sampel didinginkan dalam desikator selama ± 15 menit kemudian ditimbang hingga beratnya konstan. Kehilangan berat merupakan jumlah air dalam tahu yang ditentukan dalam *dry basis* (Sudarmadji *et al.*, 1989). Kadar air dihitung dengan rumus:

$$\text{Kadar air (dry basis)} = \frac{W_1}{W_2} \times 100 \%$$

Keterangan :

W₁ = berat sampel setelah dikeringan kadar airnya (gr)

W₂ = berat sampel awal

2.3.3. Analisa *Hardness* (kekerasan)

Tahu diukur tingkat kekerasannya menggunakan *Texture Analyser* merk *Llyod* (Gambar 3.) dengan aplikasi *software* NEXYGENTM MT dan tipe *texture probes* yang digunakan adalah *cylinder probe* (Ametek, 2006). Pengujian *hardness* pada masing-masing sampel dilakukan pada suhu ruang dengan 3 kali ulangan pada bagian tengah tahu (deMan, 1997).



Gambar 3. *Texture Analyser*

2.3.4. Analisa Kadar Formaldehid

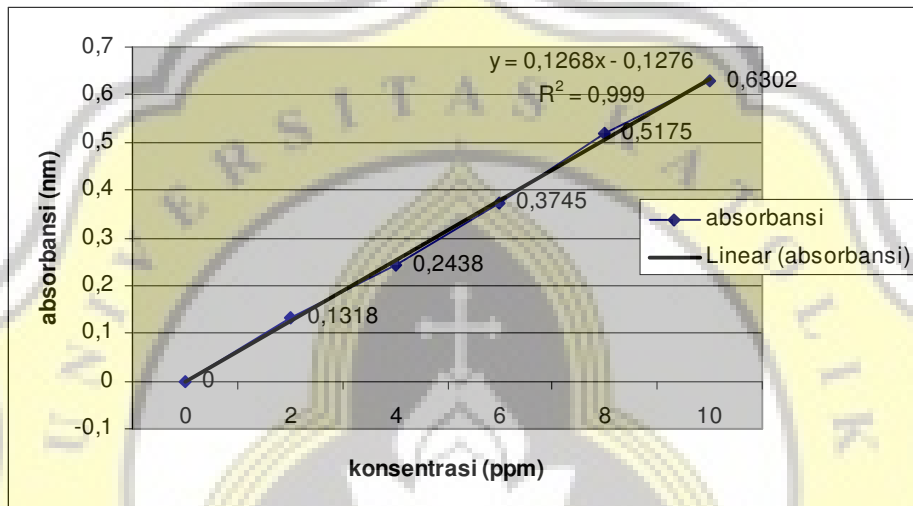
Analisa kadar formaldehid (ppm) dilakukan secara kuantitatif. Metode yang digunakan berdasarkan metode AOAC (1990), dengan melakukan beberapa tahapan yaitu pembuatan *reagen* NASH, kurva standar dan uji pada sampel.

Pembuatan *reagen* NASH dilakukan dengan melarutkan 15 gram amonium asetat; 0,3 ml asam asetat dan 0,2 ml asetil aseton dengan aquadest kedalam labu ukur 100 ml. *Reagen* NASH ini akan digunakan dalam pembuatan larutan standar dan pengujian sampel.

Larutan standar dibuat dengan mengencerkan larutan formalin menjadi konsentrasi 1000, 50, 20, 15, 10, 8, 6, 4, dan 2 ppm. Untuk blanko digunakan 2 ml aquadest ditambahkan 2 ml *reagen* NASH. Pengukuran larutan standar dilakukan dengan spektrofotometer dengan panjang gelombang 415 nm.

Uji formaldehid pada sampel dilakukan dengan mengambil sampel yang telah dihancurkan dengan mortar sebanyak 2 gram. Kemudian sampel dimasukkan kedalam labu *Kjeldhal* dan dilarutkan dalam aquadest 200 ml. Antifoam dan *methyl red* ditambahkan sebanyak 3 tetes disusul dengan penambahan 1 ml H_2PO_4 pekat dan didestilasi hingga didapatkan 50 ml destilat. 1 ml destilat diambil dan

dimasukkan kedalam tabung reaksi dan ditambahkan 2 ml *reagen* NASH. Kemudian dipanaskan dalam *waterbath* selama 30 menit dengan suhu 37⁰C dan diukur absorbannya dengan menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 415 nm. Perhitungan konsentrasi formaldehid menggunakan kurva standar yang diperoleh yaitu pada Gambar 3.



Gambar 4. Kurva Standar Formaldehid

Sehingga diperoleh rumus:

$$y = 0,1268x - 0,1278$$

Keterangan:

y = absorbansi

x = konsentrasi formaldehid

2.4. Analisa Data

Analisa data dalam penelitian ini menggunakan perangkat lunak SPSS *for windows* versi 12.0. Hasil pengamatan pH, kadar air, *hardness* dan kadar formaldehid dianalisa dengan menggunakan Anova dua arah (*Two Way Anova*) yang dilanjutkan dengan uji wilayah ganda *Duncan* untuk mengetahui pengaruh perbedaan kondisi dan konsentrasi formalin air rendaman pada dua suhu perendaman yang berbeda.

3. HASIL PENELITIAN

3.1. pH dan Kadar Air

Berdasarkan hasil analisa anova dua arah (*Two Way Anova*), pH dan kadar air pada kondisi dan konsentrasi formalin air rendaman, diketahui tidak ada perbedaan yang signifikan ($p>0,05$) (Tabel 5).

Tabel 5. pH dan Kadar air Tahu pada kondisi dan konsentrasi formalin air rendaman yang berbeda.

Kondisi	Formalin air Rendaman (%)	pH	Ka (%)
M1	0%	4,74±0,01	84,81±2,22
	0,1%	4,73±0,02	84,48±1,55
	0,15%	4,74±0,01	84,22±1,92
	0,2%	4,73±0,02	85,61±0,52
	0,25%	4,74±0,01	85,08±0,39
RL1	0%	4,74±0,01	85,20±0,66
	0,1%	4,74±0,01	83,83±1,54
	0,15%	4,75±0,02	84,25±1,47
	0,2%	4,74±0,01	84,91±0,09
	0,25%	4,74±0,02	83,70±0,30
RM1	0%	4,74±0,01	85,21±1,63
	0,1%	4,75±0,01	84,65±1,29
	0,15%	4,74±0,01	84,98±1,28
	0,2%	4,74±0,01	84,77±1,03
	0,25%	4,75±0,01	84,71±0,67
M2	0%	4,74±0,01	82,14±3,05
	0,1%	4,73±0,02	84,23±1,49
	0,15%	4,74±0,01	83,20±1,88
	0,2%	4,75±0,01	83,87±1,40
	0,25%	4,74±0,01	84,09±1,16
RL2	0%	4,73±0,00	83,67±1,35
	0,1%	4,72±0,01	83,39±1,47
	0,15%	4,75±0,01	83,70±2,72
	0,2%	4,74±0,01	84,70±1,43
	0,25%	4,74±0,03	84,01±0,64
RM2	0%	4,73±0,01	84,40±2,49
	0,1%	4,72±0,00	85,22±1,04
	0,15%	4,74±0,01	84,15±1,59
	0,2%	4,74±0,01	82,79±0,27
	0,25%	4,74±0,01	83,72±1,06

Keterangan :

- Semua nilai merupakan mean ± SD

Tabel 5. menunjukkan bahwa tidak adanya pengaruh perendaman formalin terhadap pH dan kadar air tahu baik pada perendaman suhu ruang maupun suhu refrigerator.

3.2. *Hardness* (kekerasan)

Hasil analisa *hardness* tahu pada kondisi dan konsentrasi formalin air rendaman menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan pada tingkat kepercayaan 95%. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 6. bahwa berdasarkan kondisi kekerasan tahu memiliki hasil yang beda nyata ($p < 0,05$).

Pada Tabel 6. dapat dilihat bahwa berdasarkan kondisi tahu pada perendaman suhu ruang (M1, RL1 dan RM1) maupun kondisi tahu pada perendaman suhu refrigerator (M2, RL2 dan RM2) saling berbeda nyata ($p < 0,05$). Namun kondisi M1 tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan RM2, begitu juga dengan kondisi RL1 tidak berbeda nyata dengan RL2. Perbedaan *hardness* tahu pada kondisi tahu yang berbeda dapat dilihat dengan jelas pada Gambar 5.

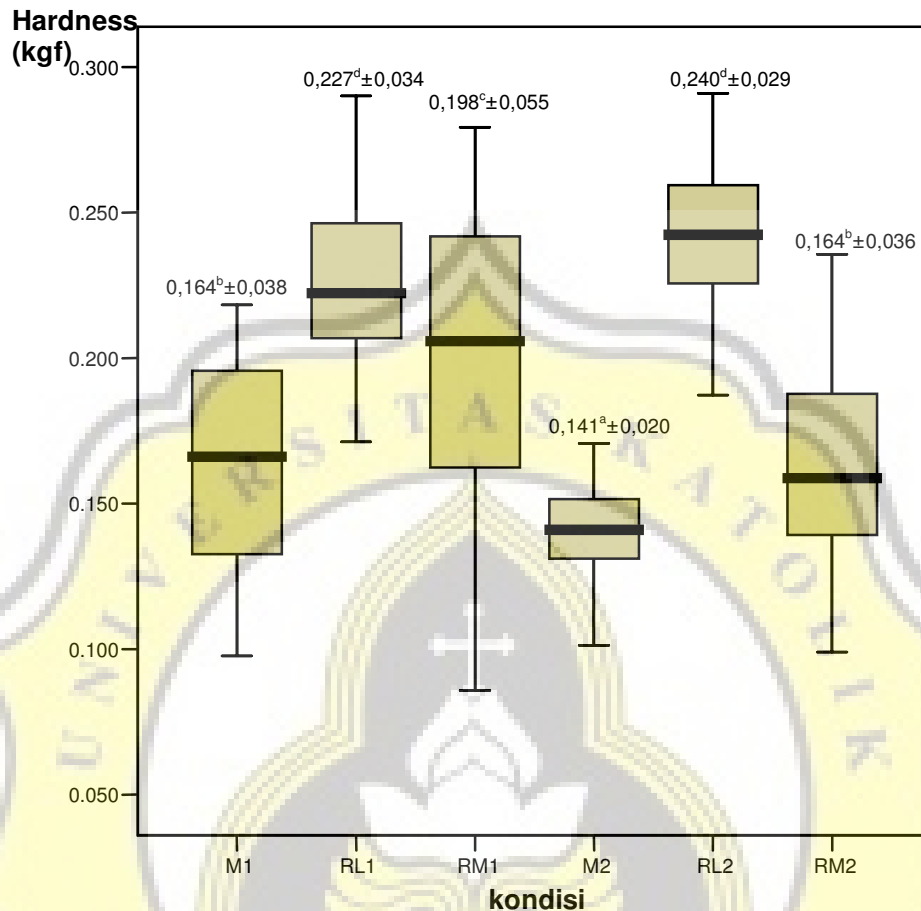
Kondisi tahu RL2 memiliki tingkat kekerasan yang paling tinggi yaitu $0,240 \pm 0,029$ kgf, sedangkan kondisi tahu M2 memiliki tingkat kekerasan yang paling rendah yaitu $0,141 \pm 0,020$ kgf. Pada Gambar 5. dapat dilihat bahwa pada kondisi tahu didua suhu perendaman yaitu suhu ruang maupun suhu refrigerator, tingkat kekerasan tahu cenderung meningkat setelah mengalami proses perebusan.

Tabel 6. *Hardness* tahu berdasarkan perbedaan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman.

Kondisi	Formalin air Rendaman (%)	<i>Hardness</i> (kgf)
M1	0%	0,113±0,015
	0,1%	0,146±0,202
	0,15%	0,158±0,021
	0,2%	0,193±0,013
	0,25%	0,208±0,010
	rata – rata	0,164^b±0,038
RL1	0%	0,184±0,021
	0,1%	0,245±0,029
	0,15%	0,222±0,017
	0,2%	0,262±0,028
	0,25%	0,221±0,026
	rata – rata	0,227^d±0,034
RM1	0%	0,117±0,031
	0,1%	0,197±0,046
	0,15%	0,190±0,016
	0,2%	0,243±0,036
	0,25%	0,241±0,022
	rata – rata	0,198^c±0,055
M2	0%	0,114±0,013
	0,1%	0,138±0,010
	0,15%	0,169±0,002
	0,2%	0,145±0,010
	0,25%	0,141±0,005
	rata – rata	0,141^a±0,020
RL2	0%	0,205±0,026
	0,1%	0,261±0,002
	0,15%	0,231±0,011
	0,2%	0,249±0,042
	0,25%	0,255±0,017
	rata – rata	0,240^d±0,029
RM2	0%	0,138±0,039
	0,1%	0,141±0,007
	0,15%	0,197±0,038
	0,2%	0,148±0,023
	0,25%	0,196±0,017
	rata – rata	0,164^b±0,036

Keterangan :

- Semua nilai merupakan mean ± SD
- Untuk masing-masing nilai kondisi dengan *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) setelah uji ANOVA dua arah



Gambar 5. *Hardness* tahu berdasarkan perbedaan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman

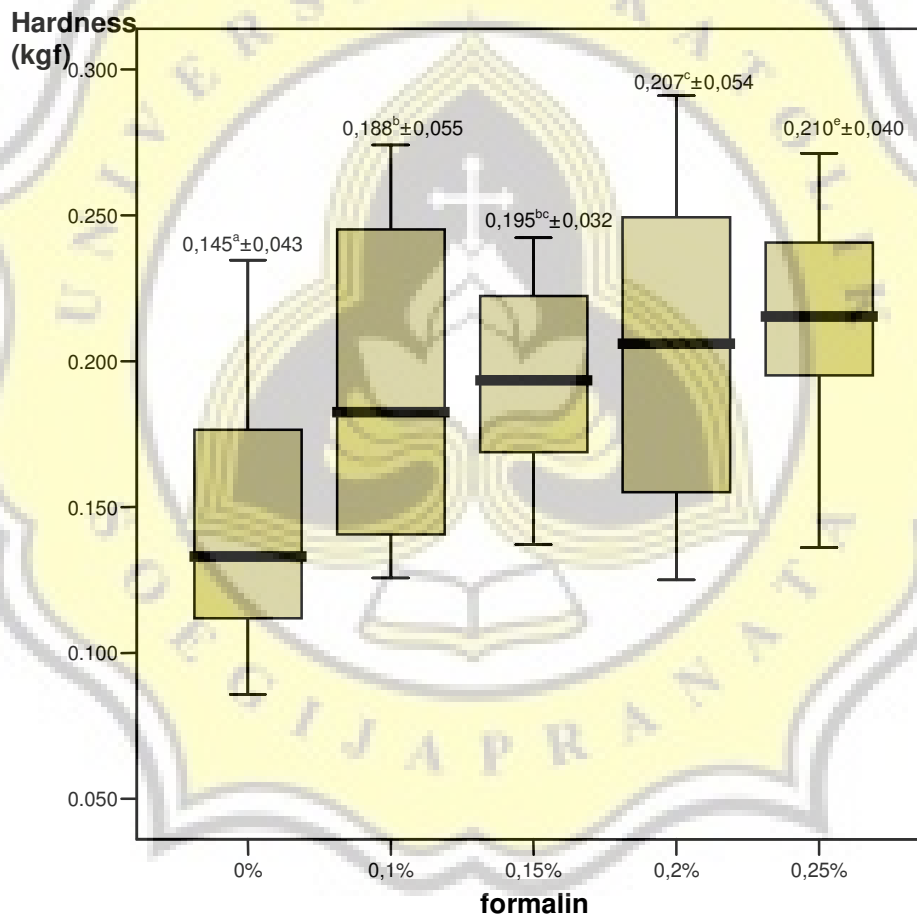
Sedangkan berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman, nilai *hardness* juga menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan (Tabel 7.). Pada konsentrasi formalin air rendaman 0% berbeda nyata ($p < 0,05$) dengan 0,1%, namun pada konsentrasi 0,15% tidak berbeda nyata ($p > 0,05$) dengan 0,1%; 0,2% dan 0,25%. Disamping itu, pada konsentrasi 0,2% juga tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 0,25%. Hal ini ditunjukkan pada Gambar 6. yang menunjukkan bahwa berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman, *hardness* mengalami peningkatan. Tahu dengan konsentrasi formalin air rendaman 0% memiliki tingkat *hardness* terendah yaitu $0,145 \pm 0,043$ kgf, sedangkan tahu dengan konsentrasi formalin air rendaman 0,25% memiliki tingkat *hardness* tertinggi yaitu $0,210 \pm 0,040$ kgf.

Tabel 7. *Hardness* tahu berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman.

Formalin air Rendaman (%)	<i>Hardness</i> (kgf)
0%	0,145 ^a ±0,043
0,1%	0,188 ^b ±0,055
0,15%	0,195 ^{bc} ±0,032
0,2%	0,207 ^c ±0,054
0,25%	0,210 ^c ±0,040

Keterangan :

- Semua nilai merupakan mean ± SD
- Untuk masing-masing nilai konsentrasi formalin air rendaman dengan *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) setelah uji ANOVA dua arah

Gambar 6. *Hardness* tahu berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman

3.3. Kadar Formaldehid

Hasil analisa anova dua arah (*Two Way anova*) kadar formaldehid berdasarkan kondisi dan konsentrasi formalin air rendaman, menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan ($p < 0,05$).

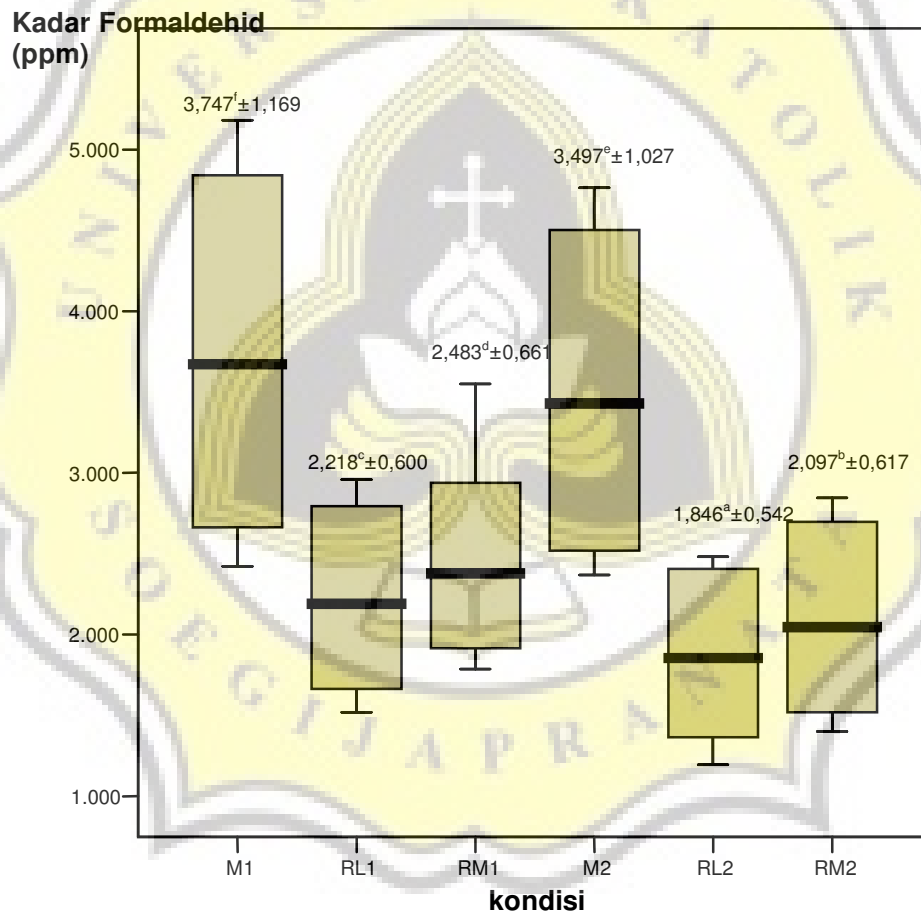
Tabel 8. Kadar Formaldehid tahu berdasarkan perbedaan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman.

Kondisi	Formalin air Rendaman (%)	Kadar Formaldehid (ppm)
M1	0,1%	2,471±0,044
	0,15%	2,848±0,034
	0,2%	4,515±0,051
	0,25%	5,155±0,029
	rata – rata	3,747^f±1,169
RL1	0,1%	1,535±0,018
	0,15%	1,798±0,035
	0,2%	2,590±0,050
	0,25%	2,950±0,007
	rata – rata	2,218^e±0,600
RM1	0,1%	1,828±0,057
	0,15%	1,950±0,008
	0,2%	2,817±0,017
	0,25%	3,338±0,264
	rata – rata	2,483^d±0,661
M2	0,1%	2,397±0,026
	0,15%	2,674±0,067
	0,2%	4,226±0,159
	0,25%	4,690±0,085
	rata – rata	3,497^e±1,027
RL2	0,1%	1,232±0,026
	0,15%	1,485±0,008
	0,2%	2,306±0,085
	0,25%	2,441±0,035
	rata – rata	1,846^a±0,542
RM2	0,1%	1,421±0,028
	0,15%	1,623±0,036
	0,2%	2,520±0,076
	0,25%	2,824±0,019
	rata – rata	2,097^b±0,617

Keterangan :

- Semua nilai merupakan mean ± SD
- Untuk masing-masing nilai kondisi dengan *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) setelah uji ANOVA dua arah

Pada Tabel 8. menunjukkan bahwa beda nyata hasil kadar formaldehid terlihat pada tahu berdasarkan perbedaan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman. Berdasarkan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman, hasil analisa menunjukkan bahwa kondisi tahu pada perendaman suhu ruang (M1, RL1 dan RM1) berbeda nyata dengan kondisi tahu pada perendaman suhu refrigerator (M2, RL2 dan RM2). Kondisi M1 berbeda nyata dengan RL1 dan RM1. Sedangkan M2 juga berbeda nyata dengan RL2 dan RM2. Keadaan ini dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 7.



Gambar 7. Kadar Formaldehid tahu berdasarkan perbedaan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman

Pada Gambar 7. kondisi M1 memiliki kadar formaldehid yang paling tinggi yaitu $3,747 \pm 1,169$ ppm. Sedangkan kadar formaldehid yang paling rendah adalah tahu dengan kondisi RL2 yaitu sebesar $1,846 \pm 0,542$ ppm.

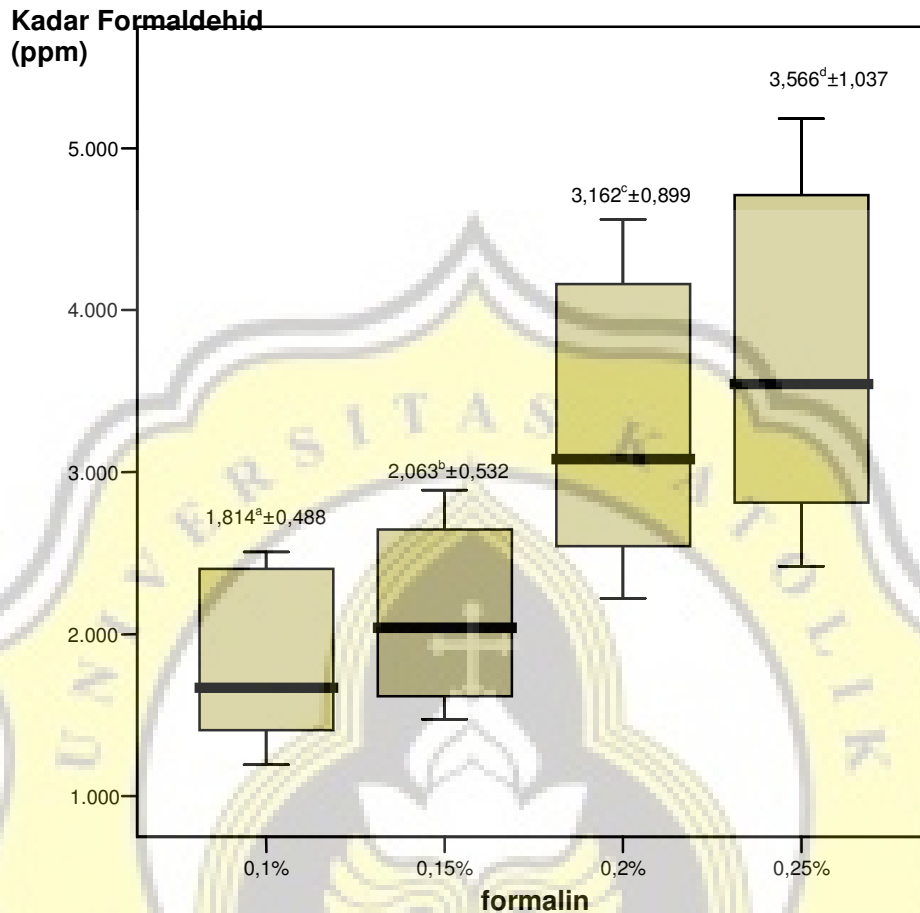
Sedangkan beda nyata hasil kadar formaldehid berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman ditunjukkan pada Tabel 9. dan pada Gambar 8. menunjukkan bahwa meningkatnya kadar formaldehid sejalan dengan semakin banyaknya konsentrasi formalin air rendaman. Dengan kadar formaldehid tertinggi pada konsentrasi rendaman formalin 0,25% yaitu sebesar $3,566 \pm 1,037$ ppm dan konsentrasi formalin air rendaman 0,1% sebesar $1,814 \pm 0,488$ ppm sebagai kadar formaldehid terendah.

Tabel 9. Kadar Formaldehid tahu berdasarkan perbedaan konsentrasi formalin air rendaman

Formalin air Rendaman (%)	Kadar Formaldehid (ppm)
0,1%	$1,814^a \pm 0,488$
0,15%	$2,063^b \pm 0,532$
0,2%	$3,162^c \pm 0,899$
0,25%	$3,566^d \pm 1,037$

Keterangan :

- Semua nilai merupakan mean \pm SD
- Untuk masing-masing nilai konsentrasi formalin air rendaman dengan *superscript* yang berbeda menunjukkan beda nyata ($p < 0,05$) setelah uji ANOVA dua arah



Gambar 8. Kadar Formaldehid tahu berdasarkan perbedaan konsentrasi formalin air rendaman

Mengacu pada Gambar 7. yang menunjukkan bahwa adanya penurunan kadar formaldehid setelah mengalami perlakuan perebusan, baik pada kondisi suhu ruang maupun suhu refrigerator. Tabel 10. menunjukkan persentase penurunan kadar formaldehid setelah mengalami perebusan pada tahu yang direndam formalin disuhu ruang. Persentase penurunan kadar formaldehid tertinggi pada suhu ruang adalah 42,63% yaitu pada kondisi tahu rebus langsung yang direndam 0,2% formalin. Sedangkan persentase penurunan terendah pada kondisi tahu rebus mendidih yang direndam 0,1% yaitu sebesar 31%. Dapat dilihat bahwa persentase penurunan kadar formaldehid tahu rebus langsung lebih besar daripada tahu rebus mendidih, berdasarkan kondisi tahu dan konsentrasi formalin air rendaman.

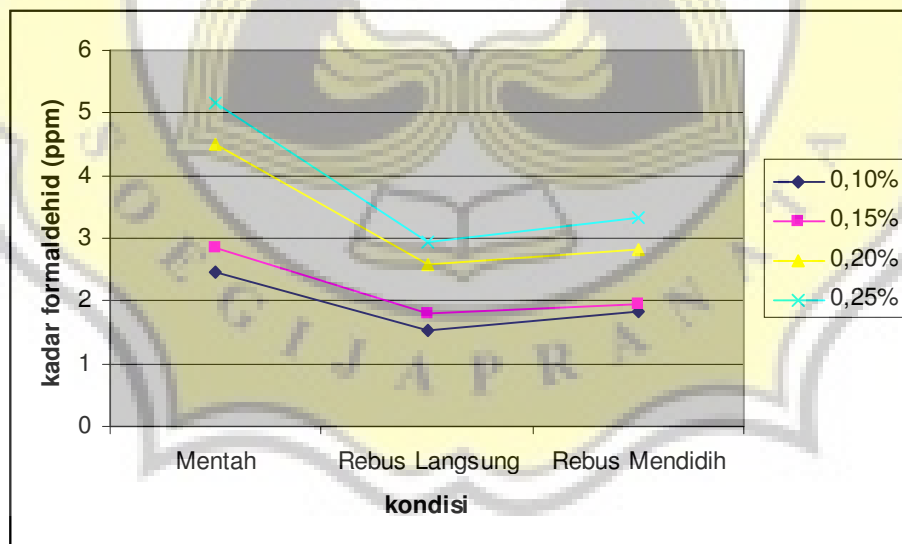
Tabel 10. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Ruang

konsentrasi formalin air rendaman (%)	kondisi	kadar formaldehid (ppm)	% penurunan
0,10%	Mentah	2,471±0,044	
	Rebus langsung	1,535±0,018	37,86
	Rebus mendidih	1,828±0,057	31,00
0,15%	Mentah	2,848±0,034	
	Rebus langsung	1,798±0,035	36,86
	Rebus mendidih	1,950±0,008	31,24
0,20%	Mentah	4,515±0,051	
	Rebus langsung	2,590±0,050	42,63
	Rebus mendidih	2,817±0,017	37,60
0,25%	Mentah	5,155±0,029	
	Rebus langsung	2,950±0,007	41,48
	Rebus mendidih	2,441±0,035	35,26

Keterangan :

- Penurunan kadar formaldehid diperoleh dari perbandingan antara tahu rebus dengan tahu mentah
- Semua nilai merupakan mean ± SD, jumlah ulangan tiap sampel 3x

Grafik penurunan kadar formaldehid setelah mengalami perebusan pada tahu yang direndam formalin disuhu ruang ditunjukkan oleh Gambar 9.



Gambar 9. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Ruang

Gambar 9. memperlihatkan grafik penurunan kadar formaldehid tahu pada perendaman suhu ruang setelah melalui proses perebusan dengan dua metode

perebusan yaitu rebus langsung dan rebus mendidih. Dari hasil yang didapatkan metode rebus langsung ternyata lebih efektif menurunkan kadar formaldehid tahu daripada rebus mendidih.

Sedangkan persentase penurunan kadar formaldehid setelah mengalami perebusan pada tahu yang direndam formalin disuhu refrigerator ditunjukkan oleh Tabel 11. Pada suhu refrigerator, persentase penurunan kadar formaldehid tahu rebus langsung juga lebih besar daripada tahu rebus mendidih. Persentase penurunan tertinggi pada kondisi tahu rebus langsung yang direndam formalin 0,25% yaitu sebesar 47,94%. Sedangkan persentase penurunan terendah yaitu sebesar 39,31% adalah tahu dengan kondisi rebus mendidih yang direndam formalin 0,15%.

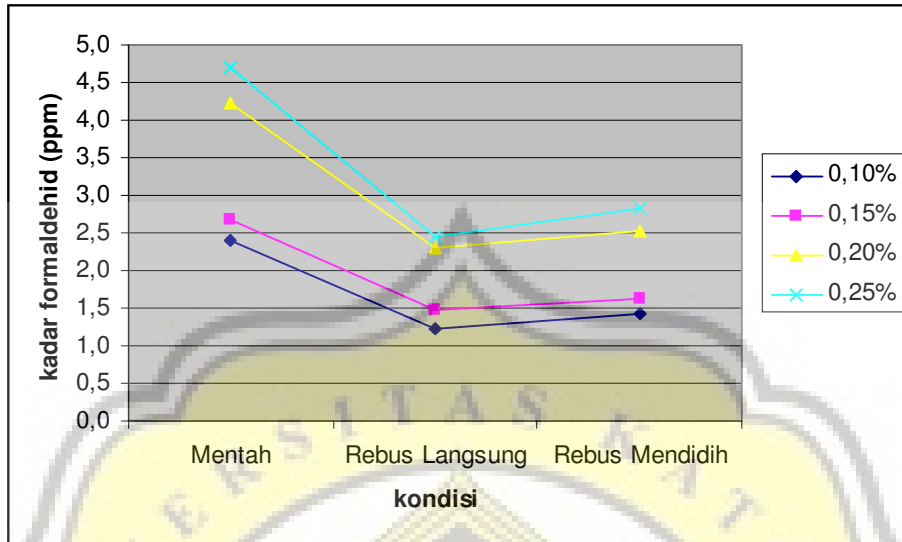
Tabel 11. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Refrigerator

konsentrasi formalin air rendaman (%)	kondisi	kadar formaldehid (ppm)	% penurunan
0,10%	Mentah	2,397±0,026	
	Rebus langsung	1,232±0,026	48,61
	Rebus mendidih	1,421±0,028	40,73
0,15%	Mentah	2,674±0,067	
	Rebus langsung	1,485±0,008	44,47
	Rebus mendidih	1,623±0,036	39,31
0,20%	Mentah	4,226±0,159	
	Rebus langsung	2,306±0,085	45,43
	Rebus mendidih	2,520±0,076	40,35
0,25%	Mentah	4,690±0,085	
	Rebus langsung	2,441±0,035	47,94
	Rebus mendidih	2,824±0,019	39,78

Keterangan :

- Penurunan kadar formaldehid diperoleh dari perbandingan antara tahu rebus dengan tahu mentah
- Semua nilai merupakan mean ± SD, jumlah ulangan tiap sampel 3x

Penurunan kadar formaldehid setelah mengalami perebusan pada tahu yang direndam formalin disuhu refrigerator, secara grafik dapat dilihat jelas pada Gambar 10.



Gambar 10. Penurunan Kadar Formaldehid Tahu pada Perendaman Suhu Refrigerator

Pada Gambar 10. terlihat penurunan kadar formaldehid tahu pada perendaman suhu refrigerator, setelah mengalami proses perebusan baik pada rebus langsung maupun rebus mendidih. Seperti halnya pada suhu ruang, penurunan kadar formaldehid rebus langsung lebih besar daripada penurunan kadar formaldehid pada rebus mendidih.

4. PEMBAHASAN

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi kadar formaldehid tahu pada beberapa tingkatan konsentrasi formalin dan suhu air rendaman setelah melalui kondisi perebusan. Hal ini dilatar-belakangi oleh adanya fenomena kecenderungan para produsen maupun pedagang makanan menggunakan formalin sebagai pengawet produk mereka, salah satunya adalah sebagai pengawet tahu.

Penelitian ini diawali dengan persiapan sampel yaitu, pembuatan tahu. Dalam pembuatan tahu, kedelai yang digunakan adalah kedelai import yang berasal dari Amerika, sedangkan penggumpal yang digunakan adalah asam cuka. Menurut Liu (1999), ada tiga tahapan pokok dalam pembuatan tahu yaitu pembuatan susu kedelai, penggumpalan susu kedelai dan pencetakan. Setelah itu dilakukan perendaman formalin pada tahu dengan tingkat konsentrasi formalin yang berbeda yaitu 0%; 0,1%; 0,15%; 0,2%; dan 0,25% selama satu hari. Menurut Winarno (1997), tahu yang direndam formalin dengan konsentrasi tersebut cukup mampu mengawetkan tahu sampai tiga minggu hingga satu bulan dengan tekstur yang kempal. Perendaman tahu dalam formalin dilakukan dalam dua suhu yang berbeda yaitu suhu ruang (28°C) dan suhu refrigerator (8°C), hal ini dilakukan untuk membandingkan adanya perbedaan kadar formaldehid yang mampu diserap oleh tahu. Setelah itu, tahu melalui proses perebusan dengan dua metode perebusan yaitu rebus langsung (RL) dan rebus mendidih (RM). Metode perebusan ini dipilih untuk membandingkan penurunan kadar formalin jika dipanaskan perlahan-lahan (RL) dan jika dipanaskan langsung pada suhu tinggi (RM). Kemudian dilakukan analisa pH, kadar air, *hardness* dan kadar formalin.

Dari hasil pengamatan pH dan kadar air (Tabel 5.), terlihat bahwa perendaman formalin pada dua suhu yang berbeda dan kondisi perebusan pada tahu tidak mempengaruhi perubahan pH dan kadar air. Setelah melalui proses perendaman formalin dan perebusan, rata-rata tahu tetap memiliki tingkat pH sebesar 4,7. Menurut Suhaidi (2003), besarnya pH tahu sangat dipengaruhi oleh bahan

penggumpal yang digunakan. Pada penelitian ini, bahan penggumpal yang digunakan adalah asam cuka. Asam cuka akan menurunkan pH bahan pangan hingga mencapai titik isoelektrisnya, pada protein kedelai yang sebagian besar adalah globulin mempunyai titik isoelektris 4,1–4,6 dimana pada pH tersebut globulin menggumpal yang merupakan peristiwa denaturasi protein.

Sedangkan kadar air yang dimiliki sebelum maupun setelah mengalami perebusan, baik pada tingkat konsentrasi formalin dan suhu air rendaman yang berbeda besarnya antara 82% hingga 84%. Meskipun kadar air yang terkandung besar menurut Mudjajanto (2005), formalin yang merupakan disinfektan mempunyai sifat mudah larut dalam air sehingga menyebabkan mikroba tidak akan bisa hidup dalam tahu berformalin meskipun kadar airnya tinggi.

Sedangkan pada hasil analisa *hardness* (Tabel 6.) dan analisa kadar formaldehid (Tabel 8.) tahu dapat dilihat bahwa berdasarkan kondisi perebusan pada dua suhu perendaman berbeda nyata ($p < 0,05$). Tahu pada kondisi perebusan di dua suhu perendaman *hardness* tahu meningkat, sedangkan kadar formaldehid tahu menurun.

Pada kondisi tahu mentah, apabila dibandingkan antara perendaman suhu ruang maupun suhu refrigerator terdapat perbedaan *hardness* (Gambar 5.) dan kadar formaldehid (Gambar 7.) yang signifikan. Kondisi tahu mentah pada perendaman suhu refrigerator (M2) memiliki *hardness* dan kadar formaldehid yang lebih rendah dibandingkan dengan tahu mentah pada perendaman suhu ruang (M1). Menurut Giannakourou & Toukis (2002), fenomena ini terjadi karena selama pendinginan terjadi penurunan aktivitas enzim, aktivitas mikrobia, dan aktivitas kimia. Sehingga pada perendaman suhu refrigerator, reaksi-reaksi kimia yang kemungkinan terjadi selama perendaman berjalan sangat lambat dibandingkan dengan perendaman suhu ruang.

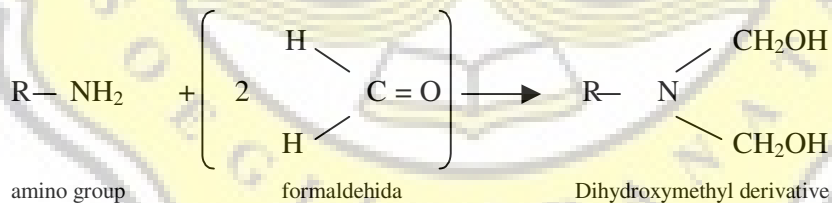
Kondisi tahu rebus pada perendaman suhu ruang (RL1 dan RM1) maupun perendaman suhu refrigerator (RL2 dan RM2), tingkat *hardness* mengalami peningkatan sedangkan kadar formaldehidnya mengalami penurunan apabila dibandingkan dengan kondisi tahu mentah (M1 dan M2). Pada pengamatan Gambar 5. dan Gambar 7. berdasarkan suhu perendaman, tahu dengan kondisi Rebus Langsung pada perendaman suhu ruang (RL1) memiliki *hardness* lebih tinggi dan kadar formaldehid yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tahu Rebus Mendidih perendaman suhu refrigerator (RM1). Hal tersebut juga terjadi pada perendaman suhu refrigerator, dimana tahu dengan kondisi Rebus Langsung (RL2) juga memiliki *hardness* lebih tinggi dan kadar formaldehid yang lebih rendah dibandingkan dengan kondisi tahu Rebus Mendidih (RM2). Sedangkan *hardness* tahu pada kondisi mentah (M1 dan M2) memiliki *hardness* paling rendah dan kadar formaldehid yang paling tinggi karena tidak mengalami proses perebusan.

Hal ini menunjukkan bahwa tingkat *hardness* dan kadar formaldehid tahu erat kaitannya dengan lamanya waktu perebusan. Perebusan RL dilakukan dengan merebus langsung tahu tanpa menunggu air rebusan mendidih ($80-100^{\circ}\text{C}$) sehingga tahu memiliki waktu untuk bersentuhan dengan suhu tinggi lebih lama, sedangkan proses perebusan RM dilakukan dengan memasukkan tahu setelah air rebusan mendidih (100°C).

Pada Gambar 6. dan Gambar 8. berdasarkan konsentrasi formalin air rendaman, meningkatnya tingkat *hardness* dan kadar formaldehid pada tahu sejalan dengan meningkatnya konsentrasi formalin air rendaman. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tinggi kadar formaldehid yang terkandung maka tingkat kekerasannya juga semakin tinggi. Hal ini sesuai dengan teori Anonim (2006), yang menyebutkan bahwa formalin memiliki unsur aldehida yang bersifat mudah bereaksi dengan protein, karenanya ketika disiramkan ke makanan seperti tahu, formalin akan mengikat unsur protein mulai dari bagian permukaan tahu hingga terus meresap ke bagian dalamnya. Protein yang telah terikat dengan formalin akan

menyebabkan tahu terasa lebih kenyal. Teori ini didukung oleh Sartono *et al.* (1996), yang mengatakan bahwa formalin bersifat menggumpalkan protein, sehingga dapat meningkatkan kekerasan tahu. Peristiwa ini sangat berhubungan dengan kandungan protein pada tahu yang mengalami denaturasi.

Proses denaturasi protein pada penelitian ini sangat berpengaruh pada *hardness* dan kadar formaldehid tahu. Awal denaturasi protein adalah ketika proses pembentukan tahu yaitu ketika asam cuka ditambahkan untuk menggumpalkan susu kedelai panas. Namun pada proses ini kestabilan ikatan protein tidak stabil, hal ini dikarenakan tingkat kadar air tahu yang sangat tinggi dan sifat protein kedelai seperti proteosa, prolamin dan albumin yang larut dalam air (Suhaidi, 2003), sehingga tingkat kekerasan tahu rendah dan mudah hancur. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses perendaman tahu dilarutan formalin. Ikatan protein yang tidak stabil tersebut bereaksi dengan formalin, menyebabkan protein terdenaturasi akibatnya struktur protein berubah sehingga meningkatkan tekstur tahu menjadi lebih kaku (*tough*) (Lewis, 1989). Mekanisme reaksi formalin dengan asam amino protein, menurut Davidek *et al.* (1990) adalah sebagai berikut:



Reaksi formaldehida - protein menyebabkan terjadinya pengerasan pada bahan pangan. (Fennema, 1985). Dengan demikian semakin tinggi konsentrasi formalin, tahu akan semakin keras.

Karena sifat formalin yang dapat menggumpalkan protein sehingga dikhawatirkan apabila dikonsumsi oleh manusia dapat menggumpalkan protein jaringan tubuh (Sartono *et al.*, 1996). Pada proses perebusan, panas menyebabkan ikatan struktur

protein terlepas (Suhaidi, 2003). Lebih lanjut dijelaskan oleh Yuanita (2003), bahwa perebusan dengan tingkat keasaman rendah mengakibatkan perubahan ionisasi gugus fungsional, kestabilan dan pemutusan ikatan sehingga terjadi perubahan struktur komponen dalam bahan pangan, dalam hal ini protein. Pada peristiwa inilah formaldehid yang berikatan dengan protein terlepas dan kemungkinan besar larut pada air rebusan atau menguap. McKetta & Othmer (1968) menyatakan bahwa formalin akan menguap meski dipanaskan perlahan-lahan. Hal ini dikarenakan rendahnya titik didih dari formalin yaitu -19°C , sehingga lamanya waktu perebusan sangat mempengaruhi banyaknya formalin yang hilang. Proses pemanasan mengakibatkan perubahan struktur ikatan protein membentuk ikatan yang lebih stabil, denaturasi protein sendiri secara normal sudah dapat terjadi pada suhu 70°C (Fennema, 1985).

Dari Tabel 10. dan Tabel 11. ditunjukkan penurunan kadar formalin dari tahu mentah ke tahu matang baik pada perendaman suhu ruang maupun suhu refrigerator yaitu dibawah 50%. Penurunan kadar formaldehid tahu pada dua suhu perendaman dari tahu Mentah (M) ke tahu Rebus Langsung (RL) sebesar 37% hingga 48%, sedangkan penurunan kadar formaldehid tahu Mentah (M) ke tahu Rebus Mendidih (RM) hanya sebesar 31% hingga 40%. Hal ini menurut Anonim (2005c) kandungan formalin dalam makanan terbukti sulit dihilangkan karena produk makanan telah bersenyawa dengan formalin.

Menurut IPCS (International Programme on Chemical Safety), secara umum ambang batas aman di dalam tubuh adalah 0,2 miligram per kilogram berat badan. IPCS adalah lembaga khusus dari tiga organisasi di PBB, yaitu ILO, UNEP, serta WHO, yang mengkhususkan pada keselamatan penggunaan bahan kimiawi. Ambang batas bagi setiap individu berbeda-beda tetapi ada pada kisaran itu. Dalam jumlah sedikit, formalin akan larut dalam air, serta akan dibuang keluar bersama cairan tubuh. Sehingga formalin sulit dideteksi keberadaannya di dalam darah. Mekanisme kerja formaldehid dalam tubuh menurut Anonim (2006), yaitu formaldehid yang masuk kedalam tubuh dapat mematikan sisi aktif dari protein-

protein vital dalam tubuh, maka molekul-molekul itu akan kehilangan fungsi dalam metabolisme. Akibatnya fungsi sel akan terhenti. Proses metabolisme formalin yang masuk ke tubuh manusia sangat cepat. Pada dasarnya, formaldehid dalam jaringan tubuh sebagian besar akan dimetabolisir kurang dari 2 menit oleh enzim formaldehid dehidrogenase menjadi asam format yang kemudian diekskresikan tubuh melalui urin dan sebagian dirubah menjadi CO₂ yang dibuang melalui nafas (Anonim, 2006). Hal serupa juga dinyatakan oleh Amien (2006) bahwa tubuh manusia akan mengubah formalin menjadi CO₂ dan air seni dalam waktu 1,5 menit.

Imunitas tubuh sangat berperan dalam berdampak tidaknya formalin di dalam tubuh. Jika imunitas tubuh rendah atau mekanisme pertahanan tubuh rendah, sangat mungkin formalin dengan kadar rendah pun bisa berdampak buruk terhadap kesehatan (Judarwanto, 2006). Namun kalau jumlah formaldehid dalam tubuh melebihi ambang batas maka secara otomatis akan tertinggal dalam tubuh dan berikatan dengan protein tubuh, itulah sebabnya bisa mengakibatkan kanker (karsinogen) (Anonim, 2005b). Lebih lanjut dijelaskan bahwa fraksi formaldehid yang tidak mengalami metabolisme akan terikat secara stabil dengan makromolekul seluler protein DNA yang dapat berupa ikatan silang (*cross-linked*). Ikatan silang formaldehid dengan DNA dan protein ini diduga bertanggungjawab atas terjadinya kekacauan informasi genetik dan konsekuensi lebih lanjut seperti terjadi mutasi genetik dan sel kanker. Bila gen-gen rusak itu diwariskan, maka akan terlahir generasi dengan cacat gen. Maka dari itu, International Agency Research on Cancer (IARC) mengklasifikasikannya sebagai karsinogenik golongan 1 (cukup bukti sebagai karsinogen pada manusia), khususnya pada saluran pernafasan (Anonim, 2006).

Menurut Ria (2005), pada konsentrasi yang rendah formalin dapat mematikan mikroflora baik maupun jahat dalam usus sehingga mengganggu pencernaan. Jika jumlah bakteri dalam usus sangat sedikit, proses pembusukan sisa makanan pun jadi melambat. Kemungkinan yang terjadi adalah akan mengalami kesulitan

buang air besar. Gangguan di pencernaan ini, bahkan bisa berkembang menjadi kanker usus besar atau kanker kolon. Selain itu, daya tahan tubuh pun jadi menurun. Penting diperhatikan, dalam sistem pencernaan manusia hadir pula enzim yang membantu proses penyerapan sari makanan. Bila enzim ini bersentuhan dengan formalin, maka fungsinya akan hilang. Hal ini bisa mengakibatkan kekurangan gizi karena zat-zat dari makanannya tidak dapat diserap dengan baik. Kalau kandungannya sudah meninggi, formalin akan mengakibatkan iritasi lambung, alergi, muntah, diare bercampur darah, dan kencing bercampur darah. Bukan itu saja, formalin juga bisa mengakibatkan kematian karena kegagalan peredaran darah (Manihuruk, 2005).

Lebih lanjut menurut Winarno (1997) dan Daintith (1999), jika formalin dikonsumsi dengan dosis sangat rendah secara terus-menerus, bisa menyebabkan berbagai gejala keracunan yang timbul tidak langsung, gejala ini muncul 1-10 tahun kemudian. Karena dampak yang ditimbulkan tidak dirasakan secara langsung mengakibatkan masyarakat mengabaikan bahaya pemakaian formalin dalam bahan pangan.

Dari ulasan tadi didapatkan bahwa metode Rebus Langsung (RL) sangat efektif untuk meningkatkan tingkat *hardness* tahu sehingga tahu tidak mudah hancur dan efektif untuk menurunkan kadar formaldehid pada tahu. Menurut Fatimah (2006), merebus tahu merupakan cara alami untuk mengawetkan tahu. Tahu yang direbus selama 30 menit kemudian direndam dalam air yang telah dimasak, daya simpannya sampai 4 hari. Cara penyimpanan yang terbaik adalah dengan membungkus tahu dengan plastik setelah direbus, kemudian disimpan dalam lemari es dan tahu dapat tahan selama 8 hari. Menurut Prasetyo (2006) deformalisasi terbaik adalah dengan merebus tahu dalam air mendidih kemudian dilanjutkan dengan proses penggorengan. Jika menggunakan proses penggorengan, diperkirakan penurunan kadar formalin lebih tinggi karena suhu penggorengan jauh lebih tinggi dibandingkan perebusan. Selain itu, suhu penyimpanan juga mempengaruhi kandungan formaldehid pada tahu. Pada suhu refrigerator, laju degradasi formaldehid dalam tahu lebih lambat daripada laju degradasi formaldehid tahu pada penyimpanan suhu ruang. Hal ini dikarenakan

penyimpanan pada suhu rendah dapat membantu mengawetkan produk sehingga proses penguraian formaldehid menjadi lambat (Anonim, 2000). Namun demikian, kekhawatiran konsumen dapat dikurangi mengingat dengan adanya proses perebusan baik rebus langsung (RL) dan rebus air mendidih (RM) terjadi penurunan kadar formaldehid pada tahu (Gambar 9. dan Gambar 10.).



5. KESIMPULAN

- Tidak terdapat perbedaan nyata ($p > 0,05$) pada pH dan kadar air tahu pada berbagai konsentrasi formalin dan suhu air rendaman maupun kondisi perebusan
- Kondisi tahu mentah pada perendaman suhu refrigerator (M2) memiliki *hardness* ($0,141 \pm 0,020$ kgf) dan kadar formaldehid ($3,497 \pm 1,027$ ppm) yang lebih rendah dibandingkan dengan *hardness* ($0,164 \pm 0,038$ kgf) dan kadar formaldehid ($3,747 \pm 1,169$ ppm) tahu mentah pada perendaman suhu ruang (M1), karena selama pendinginan terjadi penurunan aktivitas enzim, aktivitas mikroba dan aktivitas kimia
- Tahu dengan kondisi Rebus Langsung pada perendaman suhu ruang (RL1) memiliki *hardness* ($0,227 \pm 0,034$ kgf) lebih tinggi dan kadar formaldehid ($2,218 \pm 0,600$ ppm) yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *hardness* ($0,198 \pm 0,055$ kgf) dan kadar formaldehid ($2,483 \pm 0,661$ ppm) pada kondisi tahu Rebus Mendidih perendaman suhu ruang (RM1)
- Kondisi tahu Rebus Langsung pada perendaman suhu refrigerator (RL2) memiliki *hardness* ($0,240 \pm 0,029$ kgf) lebih tinggi dan kadar formaldehid ($1,846 \pm 0,542$ ppm) yang lebih rendah apabila dibandingkan dengan *hardness* ($0,164 \pm 0,036$ kgf) dan kadar formaldehid ($2,097 \pm 0,617$ ppm) pada kondisi tahu Rebus Mendidih perendaman suhu refrigerator (RM1)
- Penurunan kadar formaldehid tahu pada dua suhu perendaman dari tahu Mentah (M) ke tahu Rebus Langsung (RL) sebesar 37% hingga 48%, sedangkan penurunan kadar formaldehid tahu Mentah (M) ke tahu Rebus Mendidih (RM) hanya sebesar 31% hingga 40%
- Kondisi tahu Rebus Langsung (RL1 dan RL2) memiliki tingkat *hardness* tahu yang paling tinggi dan kadar formaldehid yang paling rendah. Karena itu, metode Rebus Langsung (RL) sangat efektif untuk meningkatkan tingkat *hardness* tahu sehingga tahu tidak mudah hancur dan efektif untuk menurunkan kadar formaldehid pada tahu

6. DAFTAR PUSTAKA

Ametek. (2006). *TAPlus* Texture Analyser for Food Testing Applications. [Http://new.ametek.com/content-manager/files/TLI//TAPlus%20Sheet.PDF](http://new.ametek.com/content-manager/files/TLI//TAPlus%20Sheet.PDF).

Amien. (2006). Formalinophobia. [Http://www.opensubcriber.com/message/e-ketawa@yahoogroups.com/3071154.html](http://www.opensubcriber.com/message/e-ketawa@yahoogroups.com/3071154.html)

Amiruddin, M. D. (2006). Formalin dalam Makanan. [Http://www.freelists.org/archives/ppi/01-2006/msg00209.html](http://www.freelists.org/archives/ppi/01-2006/msg00209.html)

Anonim. 2000. Formaldehyde pH for Northerns? [Http://www.bio.net/bionet/mm/methods/2000-April/082299.html](http://www.bio.net/bionet/mm/methods/2000-April/082299.html)

Anonim. (2004). POM Temukan Ikan Mengandung Formalin. *Suara Merdeka* 16 Juli 2004.

Anonim. (2005a). Mengenal Formalin dan Bahayanya. *Republika*: 30 Desember 2005.

Anonim. (2005b). Masyarakat Abaikan Bahaya Formalin Karena Dampaknya Tidak Langsung. *Republika*: 30 Desember 2005. [Http://www.republika.co.id/online_detail.asp?id=228968&kat_id=23](http://www.republika.co.id/online_detail.asp?id=228968&kat_id=23)

Anonim. (2005c). Formalin pada Makanan Bersifat Permanen. *Republika*: 30 Desember 2005. [Http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=228884&kat_id=13](http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=228884&kat_id=13)

Anonim. (2005d). Anda Bertanya, Badan POM Menjawab. *Republika Online*. [Http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=210585&kat_id=318](http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=210585&kat_id=318)

Anonim. (2006). Bahan Berbahaya Yang Dilarang Untuk Pangan. *Portal Indonesia*: 11 Agustus 2006. [Http://www.indonesia.go.id/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=1684](http://www.indonesia.go.id/index2.php?option=com_content&do_pdf=1&id=1684)

AOAC. (1990). *Official Methods of Analysis* 15th edition of Association of Contaminations Vol. 2. Published by The Association of Official Analytical Chemists, Inc. Arlington, Virginia 22201 USA.

Daintith, J. (1999). *Kamus Lengkap Kimia*. Erlangga. Jakarta.

deMan, J. M. (1989). *Principle of Food Chemistry*. (Diterjemahkan oleh Padmawinata, K. (1997). *Kimia Makanan Edisi Kedua*. Institut Teknologi Bandung. Bandung).

Davidek, J.; J. Velisek and J. Pokorny. (1990). *Chemical Changes During Food Processing*. Elsevier Science Publishing Company, Inc. New York.

Denfer, A. V. (2001). *Bahan Makanan Tambahan (food additive)*. [Http://members.tripod.com/pagihp/artikel15.htm](http://members.tripod.com/pagihp/artikel15.htm).

Erickson, D. R. (1995). *Practical Handbook of Soybean Processing Utilization*. AOCS Press Champaign. Illinois.

Fatimah, N. (2006). Ada Apa Dengan Formalin. *Majalah Percikan Iman*: 30 September 2006.
[Http://www.percikan-
iman.com/mapi/index.php?option=content&task=view&id=228&itemid=32](http://www.percikan-iman.com/mapi/index.php?option=content&task=view&id=228&itemid=32)

Fennema, O. R. (1985). *Food Chemistry Second Edition Revised and Expanded*. Marcel Dekker, Inc. New York.

Giannakourou, M. C. and P. S. Toukis. (2002). Systematic Application of Time Temperature Integratos as Tools for Control of Frozen Vegetable Quality. *Journal Of Food Science* Vol. 67, No. 6.

Grun, I. U.; K. Adhikari.; C. Li.; Y. Li.; J. Zhang and L. N. Fernando. (2001). Changes in the Profile of Genistein, Daidzein, and Their Conjugates during Thermal Processing of Tofu. *Journal of Agriculture Food Chemistry* Vol. 49, No. 6, Hal: 2839-2843.

Judarwanto, W. (2006). Ancaman Formalin Bagi Kesehatan. [Http://www.wrm-
indonesia.org/index.php?option=content&task=view&id=720&itemid=32](http://www.wrm-indonesia.org/index.php?option=content&task=view&id=720&itemid=32)

Kastyanto, W. (1996). *Membuat Tahu*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Kim, M and Jin-suk Han. (2002). Evaluation of Physico-chemical Characteristics and Microstructure of Tofu Containing High Viscosity Chitosan. *International Journal of Food Science & Technology* Vol. 37, Hal: 277.

Lewis, M. J. (1989). *Physical Properties of Foods and Food Processing Systems*. Ellis Horwood, Ltd. Chichester.

Liu, K. S. (1996). *Soybean : Chemistry, Technology and Utilization*. Aspen Publishers Inc. Maryland.

Mahindru, S. N. (1995). *Food Additives*. Tata McGraw-Hill Publishing Company Limited. New Delhi.

Manihuruk, Vebertina. (2005). Formalin, Zat yang Bisa Mematikan. Pikiran Rakyat: 30 Desember 2005.

[Http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/1205/30.0313.htm](http://www.pikiran-rakyat.com/cetak/2005/1205/30.0313.htm)

McKetta, J. J. and D. F. Otmer. (1968). Encyclopedia of Chemical Technology Second Edition Completely Revised Edition. Mei Ya Publications, Inc. Taipei.

Mudjajanto, E. S. (2005). Tahu, Makanan Favorit yang Keamanannya Perlu Diwaspadai. Kompas 30 Maret 2005.

PB PABDI (Pengurus Besar Perhimpinan Dokter Spesialis Penyakit Dalam Indonesia). (2006). Tak Ada Level Aman Bagi Formalin. Republika: 4 Januari 2006. [Http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=229560&kat_id=13](http://www.republika.co.id/koran_detail.asp?id=229560&kat_id=13)

Prasetyo, E. (2006). Tips Mudah dan Murah Hilangkan Formalin. Suara Surabaya. Surabaya.

Ria. (2005). Bahaya Boraks dan Formalin.

[Http://riahuphup.blogspot.com/2005/12/bahaya-boraks-formalin.html](http://riahuphup.blogspot.com/2005/12/bahaya-boraks-formalin.html)

Rustamaji, E. (1997). Penggunaan Bahan Terlarang pada Makanan dan Minuman. YLKI. Jakarta.

Sartono, T. A.; Pratiwihardjo, G.; Nurwantoro; Dwidjatmiko, S. dan Koen, P. (1996). Uji Identifikasi Formalin Pada Air Susu sapi yang Beredar di Kotamadya Semarang. Sainteks Vol. III No.2 maret. Hal 19-22.

Sudarmadji, S.; B. Haryono; dan Suhardi. (1989). Analisa Bahan Makanan dan Pertanian. Liberty. Yogyakarta.

Suhaidi, I. (2003). Pengaruh Lama Perendaman Kedelai dan Jenis Zat Penggumpal Terhadap Mutu Tahu. Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

[Http://library.usu.ac.id/modules.php?op=modload&name=Downloads&file=index&req=getit&lid=628](http://library.usu.ac.id/modules.php?op=modload&name=Downloads&file=index&req=getit&lid=628)

Widianarko, B.; C. Retnaningsih.; Sumardi.; Soedarini.; Lindayani.; A. R. Pratiwi dan S. Lestari. (2003). Tips Pangan : Teknologi, Nutrisi dan Keamanan Pangan. Gramedia. Jakarta.

Winarno, F. G. (1997). Kimia Pangan dan Gizi. PT. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Yuanita, L. (2003). Pengaruh Derajat Keasaman dan Lama Perebusan Terhadap Ketersediaan Hayati Fe: Pengikatan Fe oleh Makromolekul Serat Pangan Kacang Panjang (*Vigna sesquipedalis* (L) *Fruhw*): Penelitian Eksperimental Laboratoris. Airlangga University Library. Surabaya.

