

PENGENDALIAN KONTAMINASI LOGAM BERAT DI INDUSTRI TAHU DENGAN KONSEP *HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT* (HACCP)

HEAVY METAL CONTAMINATION CONTROL IN THE TOFU INDUSTRY BASED ON *HAZARD ANALYSIS CRITICAL CONTROL POINT* (HACCP) CONCEPT

¹Arsyi Nur Fithri, ²Katharina Oginawati dan ³Muhayatun Santoso

^{1,2}Program Studi Teknik Lingkungan,

Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung

Jl. Ganesha No. 10, Bandung 40132

³Pusat Teknologi Nuklir Bahan dan Radiometri, Badan Tenaga Nuklir Nasional

Jl. Tamansari No. 71, Bandung 40132

¹arsyi.fithri@gmail.com, ²katharina.oginawati@ftsl.itb.ac.id, ³hayat@bdg.centrin.net.id

Abstrak: Tahu merupakan salah satu makanan populer yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia. Proses pengolahan tahu melibatkan banyak alat dan bahan sehingga dibutuhkan suatu sistem penjaminan keamanan pangan, yaitu dengan aplikasi konsep HACCP yang berdasarkan pada sistem pencegahan. Dalam penelitian ini, ditentukan *critical control point* (CCP) pada setiap tahapan produksi, yaitu pada bahan baku, pengolahan, dan produk akhir dengan menganalisis potensi bahaya melalui pengamatan langsung di lapangan serta pengujian di laboratorium, terutama terhadap kemungkinan kontaminasi logam berat, yaitu tembaga (Cu) dan seng (Zn). Penelitian ini dilakukan pada suatu industri tahu di Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat yang memakai susu sebagai campuran bahan bakunya. Adapun yang menjadi titik uji adalah air baku, kacang kedelai, kedelai giling, susu sapi segar, sari kedelai, serta produk akhir berupa tahu susu putih dan tahu susu kuning. Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi rata-rata Cu dalam kacang kedelai dan kedelai giling melebihi kontrol atau batas kritis (baku mutu yang ditetapkan pemerintah), sedangkan konsentrasi rata-rata Zn melebihi kontrol pada kedelai giling, tahu susu putih, dan tahu susu kuning. Dari hasil analisis bahaya tersebut, ditetapkan pemilihan bahan baku dan produk akhir sebagai *critical control point* (CCP). Oleh karena itu, diperlukan evaluasi dan tindakan koreksi untuk menanggulangi titik kritis yang melebihi kontrol tersebut, antara lain dengan perawatan peralatan dan pemilihan bahan baku berkualitas baik

Kata kunci: AAS, analisis bahaya, HACCP, keamanan pangan, kontaminasi logam berat

Abstract : Tofu is one of popular foods which frequently consumed by Indonesian people. Tofu production process involves a lot of equipments and ingredients so that required a food safety assurance system through the application of HACCP concept which based on the prevention system. In this study, determined *critical control points* (CCPs) at each production stage, like in the raw materials, processing, and in the final product by analyzing the potential hazards through field observation and testing in laboratory, especially to the possibility of heavy metals contamination, such as copper (Cu) and zinc (Zn). The research was carried out at a tofu industry in Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat who use milk as the mixture of raw material. Meanwhile, the test points are raw water, soybeans, milled soy, fresh cow's milk, soymilk, and the white milk-tofu and yellow milk-tofu as the final products. Test results show the average of Cu concentration in soybeans and milled soy exceed the critical limit or the control (the quality standard determined by government), whereas the average concentration of Zn exceed the control in milled soy, in the white milk-tofu, and in the yellow milk-tofu. From the results of the hazard analysis, determined the selection of raw materials and the final product as the *critical control points* (CCPs). Therefore, evaluation and corrective action needed to tackle the critical points that exceed the control, among others, by equipment maintenance and selection of good quality raw materials.

Key words: AAS, hazard analysis, HACCP, food safety, heavy metal contamination

PENDAHULUAN

Makanan adalah kebutuhan dasar manusia yang harus tersedia setiap saat, aman, berkualitas, bergizi, dan beragam dengan harga yang terjangkau oleh daya beli masyarakat. Tahu merupakan salah satu makanan populer yang sering dikonsumsi masyarakat Indonesia karena rasanya enak, mudah dibuat, dapat diolah menjadi berbagai bentuk masakan, harganya murah, serta mengandung protein tinggi. Tahu adalah makanan yang dibuat dari kacang kedelai yang difermentasikan dan diambil sarinya (Wikipedia, 2010). Tidak hanya murni dari kedelai, bahan baku pembuatan tahu dapat juga ditambahkan dengan bahan lainnya, misalnya susu. Proses pengolahan tahu susu melibatkan banyak bahan dan alat sehingga dibutuhkan suatu sistem penjaminan keamanan pangan.

Masyarakat dunia secara bertahap kini mengalami peningkatan kesadaran pangan, terutama terhadap kualitas dan keamanan pangan (Zulfily et al., 2010). Sebagaimana negara lain, keamanan pangan menjadi isu penting di Indonesia karena beberapa alasan seperti kesadaran konsumen dan wabah penyakit bawaan makanan. Dalam usaha mencari sistem yang lebih baik, diperlukan pendekatan baru untuk masalah ini, yaitu dengan mengembangkan sistem pencegahan.

HACCP (hazard analysis critical control point) adalah suatu sistem jaminan yang mendasarkan pada kesadaran bahwa bahaya (hazard) dapat timbul pada berbagai tahapan produksi (critical points) yang apabila pengendalian dapat dilakukan terhadap ancaman bahaya tersebut maka akan diperoleh produk yang aman untuk dikonsumsi (Basuki, 1995). HACCP adalah sistem pencegahan terhadap pengendalian kualitas dan keamanan pangan (Tompkins, 2009). Jika sistem ini diaplikasikan dengan benar, maka dapat digunakan untuk mengontrol setiap titik dalam sistem produksi pangan yang dapat berkontribusi pada kondisi bahaya (El-Hofi et al., 2010). Analisis bahaya merupakan bagian dari HACCP yang melibatkan studi sistematis terhadap bahan, produk makanan, kondisi pengolahan, penanganan, penyimpanan, pengemasan, distribusi, dan penggunaan konsumen (Rosas et al., 2009). Analisis ini memungkinkan untuk mengidentifikasi titik yang mungkin berkontribusi terhadap bahaya. Dari informasi ini, dapat ditentukan titik kontrol kritis dalam sistem yang harus dipantau. Titik kendali kritis (critical control point/CCP) adalah setiap titik dalam rantai produksi makanan dari bahan baku sampai produk jadi di mana hilangnya kontrol dapat mengakibatkan risiko keamanan makanan yang tidak dapat diterima (Bauman, 1992 dalam Pierson & Corlett, 1992). Melalui Badan Standarisasi Nasional (BSN, 1998), pemerintah Indonesia telah mengadaptasi konsep HACCP tersebut menjadi SNI 01-4852-1998 beserta pedoman penerapannya untuk diaplikasikan pada berbagai industri pangan di Indonesia, termasuk pada industri tahu susu yang dijadikan tempat penelitian ini.

Dalam penelitian ini ditentukan critical control point (CCP) dan batas kritis untuk setiap CCP pada setiap tahapan yaitu pada bahan baku, pengolahan, dan produk akhir dengan melakukan analisis potensi bahaya pada kemungkinan kontaminasi logam berat melalui pengamatan di lapangan maupun pengujian di laboratorium. Hal ini karena logam di dalam pangan ada yang berfungsi sebagai mineral yang dibutuhkan, tetapi ada pula yang berperan sebagai cemaran (Winarno, 2002). Namun demikian, mineral logam yang berguna bagi tubuh pun kandungan optimumnya harus ditetapkan. Jika kandungannya berlebihan, maka akan membahayakan (Rayment, 2007). Logam yang berperan sebagai cemaran (membahayakan) biasanya berupa logam berat. Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 gr/cm³, terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S, dan bernomor atom 22 sampai 92 dari periode 4 sampai 7 (Fardiaz, 1994).

Dalam penelitian ini juga dilakukan evaluasi dan tindakan koreksi yang dapat dilakukan apabila batas kritis untuk setiap CCP melebihi kontrol. Batas kritis atau critical limit (CL) adalah suatu kriteria yang harus dipenuhi untuk setiap tindakan pencegahan yang ditujukan untuk menghilangkan atau mengurangi bahaya sampai batas aman berdasarkan perbandingan parameter hasil pengujian contoh uji terhadap standar/baku mutu, yaitu Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/MENKES/PER/IV/2010 tentang Persyaratan

Kualitas Air Minum (untuk contoh uji air baku), SNI 01-3830-1995 tentang Susu Kedelai (untuk contoh uji sari kedelai), SNI 01-3141-1998 tentang Susu Segar (untuk contoh uji susu sapi segar), SNI 01-3142-1998 tentang Tahu (untuk contoh uji tahu susu putih dan tahu susu kuning), serta Surat Keputusan Direktorat Jenderal Pengawas Obat dan Makanan (SK Dirjen POM) Republik Indonesia Nomor 03725/B/SK/VII/89 tentang Batas Maksimum Cemaran Logam dalam Makanan.

METODOLOGI

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian deskriptif dengan metode survei lapangan dan uji laboratorium pada setiap tahapan produksi. Penelitian ini dilakukan di suatu industri tahu di Kecamatan Lembang, Kabupaten Bandung Barat yang memakai susu sebagai campuran bahan bakunya. Penelitian yang dilakukan terdiri atas:

- a. Identifikasi masalah.
- b. Pengambilan data primer, yaitu meliputi:
 - Pendeskripsian produk serta penyusunan bagan alir dan konfirmasi bagan alir di lapangan (Bonan *et al.*, 2009).
 - Pengambilan contoh uji pada setiap tahapan, yaitu pada bahan baku yang terdiri atas air baku, kacang kedelai, susu sapi segar, pada tahap pengolahan yang terdiri atas kedelai giling dan sari kedelai, serta pada produk akhir yang terdiri atas tahu susu putih dan tahu susu kuning. Khusus untuk analisis logam berat pada air baku, selain didinginkan pada temperatur 4°C, contoh air baku juga ditambahkan larutan asam nitrat pekat hingga pH < 2. Pengambilan contoh uji dilakukan secara menerus selama lima hari produksi.
 - Pemeriksaan contoh uji, yaitu pengujian laboratorium untuk parameter logam berat tembaga (Cu) dan seng (Zn) yang terdiri atas persiapan (preparasi) dan pengukuran. Preparasi yang dilakukan terdiri atas penghalusan, pengeringan, dan pelarutan. Untuk contoh padatan, penghalusan dilakukan dengan cara menghomogenkan contoh uji seperti kacang kedelai, tahu susu putih, tahu susu kuning menggunakan blender berpisau keras. Untuk contoh uji semipadat seperti kedelai giling, susu sapi segar, sari kedelai, cukup dihomogenkan dengan diaduk dengan batang pengaduk yang terbuat dari kaca. Contoh uji tersebut kemudian dikeringkan atau dihilangkan kandungan airnya dengan cara pengeringan beku (*freeze drying*). Contoh uji yang telah kering dimasukkan ke dalam *vessel* serta dilarutkan dengan menambahkan asam nitrat pekat berkadar 65% (Suprapur® Merck™) dan H₂O berkualitas sangat baik, kemudian dimasukkan ke dalam *microwave digestion* untuk dilakukan pelarutan. Untuk contoh uji air baku, preparasi dilakukan dengan menggunakan *vacuum rotavator*. Prinsipnya adalah melakukan kondensasi kandungan H₂O yang terdapat dalam contoh uji dalam keadaan vakum dan sedikit pemanasan sehingga contoh uji tidak rusak atau logam *volatile* di dalamnya tidak hilang karena menguap. Setelah dilakukan preparasi, contoh uji tersebut dapat diukur konsentrasi logamnya dengan alat AAS (*atomic absorption spectrophotometer*). Cara kerjanya adalah dengan membandingkan antara absorban larutan contoh uji dengan larutan standar pembanding untuk memperoleh konsentrasi larutan contoh tersebut. Skala absorban dari AAS dikalibrasi dengan suatu deret standar yang diketahui konsentrasinya.
- c. Analisis data, yaitu meliputi:
 - Identifikasi dan analisis potensi bahaya pada seluruh tahapan proses produksi.
 - Penentuan *critical control point* (CCP).
 - Penentuan batas kritis untuk setiap CCP.
 - Penetapan tindakan koreksi, yaitu dilakukan terhadap penyimpangan terhadap batas kritis suatu CCP, yaitu terhadap parameter yang melebihi standar/baku mutu.

Deskripsi Produk

Deskripsi produk adalah perincian informasi lengkap mengenai produk yang berisi

komposisi, sifat fisik atau kimia, perlakuan mikrosida atau mikrostatik, pengemasan, kondisi penyimpanan, daya tahan, cara distribusi, bahkan cara persiapan konsumsinya. Selain itu, perlu pula dicantumkan informasi mengenai produsen, *batch* produksi, tanggal produksi, kadaluwarsa, dan berbagai informasi umum lainnya (Thaheer, 2005). Semua informasi tersebut diperlukan untuk melakukan evaluasi secara luas dan komprehensif terhadap bahaya potensial dalam produk akhir (El-Hofi *et al.*, 2010).

Deskripsi produk yang dihasilkan dari proses produksi pada industri tahu ini adalah seperti disajikan pada **Tabel 1** berikut.

Tabel 1 Deskripsi produk tahu

Kriteria	Keterangan
Nama produk	Tahu susu
Nama merk dagang	Tahu Takus Lembang, Tahu Buntel Lembang
Komposisi	a. Kacang kedelai b. Air c. Susu sapi segar d. Bibit tahu (dari <i>whey</i>) e. Mentega f. Garam g. Kunyit h. Bawang putih
Kondisi penyimpanan	Suhu ruang (20 – 25 °C)
Masa kadaluwarsa	a. 2 hari (jika disimpan pada suhu ruang) b. 7 hari (jika disimpan dalam lemari pendingin)
Cara pengemasan	a. Kemasan kotak terbuat dari plastik (untuk tahu takus) b. Kemasan kotak terbuat dari anyaman bambu (untuk tahu buntel)
Tujuan konsumen	Masyarakat umum

Dalam penelitian ini dilakukan juga pemeriksaan di laboratorium independen dengan mengacu pada SNI 01-2891-1992 tentang Cara Uji Makanan dan Minuman terhadap karakter kimiawi produk, yaitu kadar abu, protein, lemak, serat kasar, dan pH. Hasil pengujian untuk parameter-parameter tersebut dapat dilihat pada **Tabel 2**, **Tabel 3**, **Tabel 4**, **Tabel 5**, dan **Tabel 6** berikut.

Tabel 2 Hasil uji parameter kadar abu

No.	Titik Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Status
1	Kedelai		maks. 6,0	3,47	✓
2	Sari kedelai	%	-	0,20	-
3	Adonan tahu		-	1,44	-
4	Tahu susu (kuning)		maks. 1,0	1,06	✗

Tabel 3 Hasil uji parameter protein

No.	Titik Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Status
1	Kedelai		min. 30,0	39,07	✓
2	Sari kedelai	%	min. 2,0	4,72	✓
3	Adonan tahu		-	6,17	-
4	Tahu susu (kuning)		min. 9,0	19,77	✓

Tabel 4 Hasil uji parameter lemak

No.	Titik Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Status
1	Kedelai		min. 17,0	9,64	✘
2	Sari kedelai	%	min. 1,0	0,90	✘
3	Adonan tahu		-	2,95	-
4	Tahu susu (kuning)		min. 0,5	1,99	✓

Tabel 5 Hasil uji parameter serat kasar

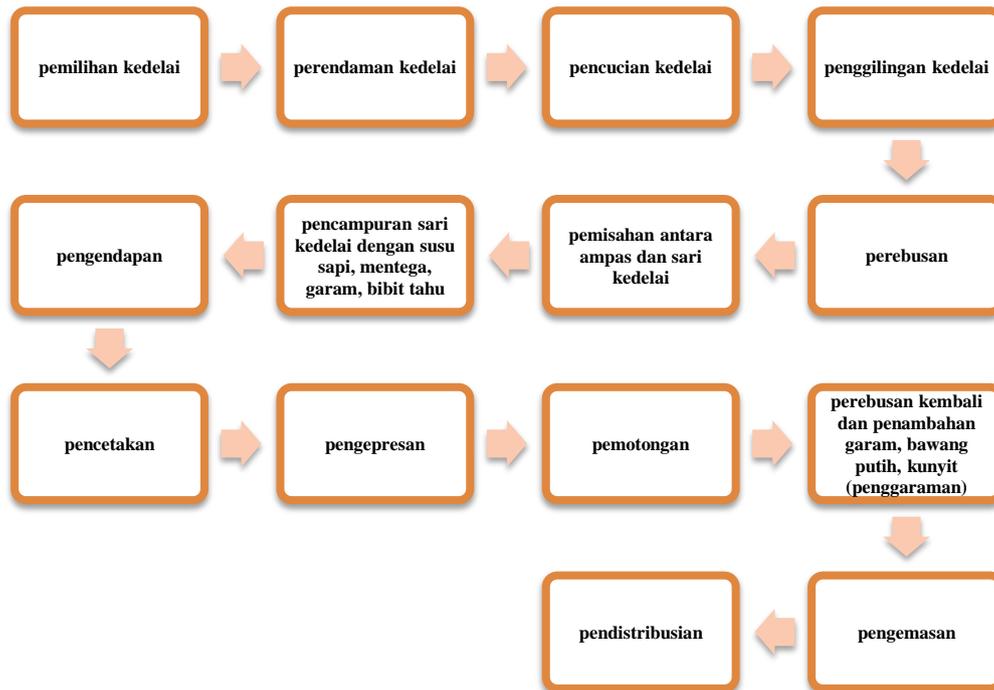
No.	Titik Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Status
1	Kedelai		maks. 3,0	2,77	✓
2	Sari kedelai	%	-	0,38	-
3	Adonan tahu		-	0,39	-
4	Tahu susu (kuning)		maks. 0,1	0,66	✘

Tabel 6 Hasil uji parameter pH

No.	Titik Uji	Satuan	Baku Mutu	Hasil	Status
1	Air baku		6,5 - 8,5	6,24	✘
2	Sari kedelai			6,45	✘
3	Bibit tahu	-	6,5 - 7,0	3,67	✘
4	Adonan tahu			5,75	✘
5	Tahu susu (kuning)			5,81	✘

Diagram Alir Proses

Diagram alir proses merupakan suatu urutan tahapan kerja dalam proses produksi. Diagram alir proses penting untuk menentukan tahap operasional yang akan dikendalikan untuk menghilangkan atau mengurangi kemungkinan terjadinya bahaya sehingga akan mempermudah pemantauan selama proses produksi (Mulyawanti & Dewandari, 2010). Diagram alir proses produksi pada industri tahu ini dapat dilihat pada **Gambar 1** berikut.



Gambar 1 Proses pembuatan tahu susu di industri Tahu X

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kunci utama HACCP terletak pada antisipasi bahaya dan identifikasi titik-titik pengendalian (*control points*) (Tompkins, 2009). Oleh karena itu, bahan-bahan atau kondisi-kondisi operasi dalam tahapan proses yang dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia diidentifikasi dan diteliti.

Analisis bahaya dilakukan pada tiga tahapan, yaitu analisis bahaya pada bahan baku, analisis bahaya pada tahapan proses, dan analisis bahaya pada produk akhir. Industri tahu ini menggunakan bahan baku air dan kacang kedelai serta campuran susu sapi. Air digunakan dalam proses perendaman, pencucian, penggilingan, dan perebusan kedelai, sedangkan susu sapi digunakan sebagai campuran dalam pembuatan tahu yang menjadi ciri khas industri tahu ini. Pada tahap proses, titik-titik yang menjadi titik pengendalian adalah kedelai giling dan sari kedelai. Sari kedelai diperoleh dari hasil perebusan kedelai dan pemisahan dari ampasnya. Pada tahap produk akhir, yang menjadi titik pengendalian adalah kedua jenis produk yang dihasilkan oleh industri tahu ini yaitu tahu susu putih dan tahu susu kuning. Analisis bahaya dilakukan dengan terlebih dahulu mengidentifikasi bahaya yang dapat timbul pada setiap tahapan proses produksi tahu susu tersebut. Bahaya-bahaya yang teridentifikasi dapat dilihat pada **Tabel 7** berikut.

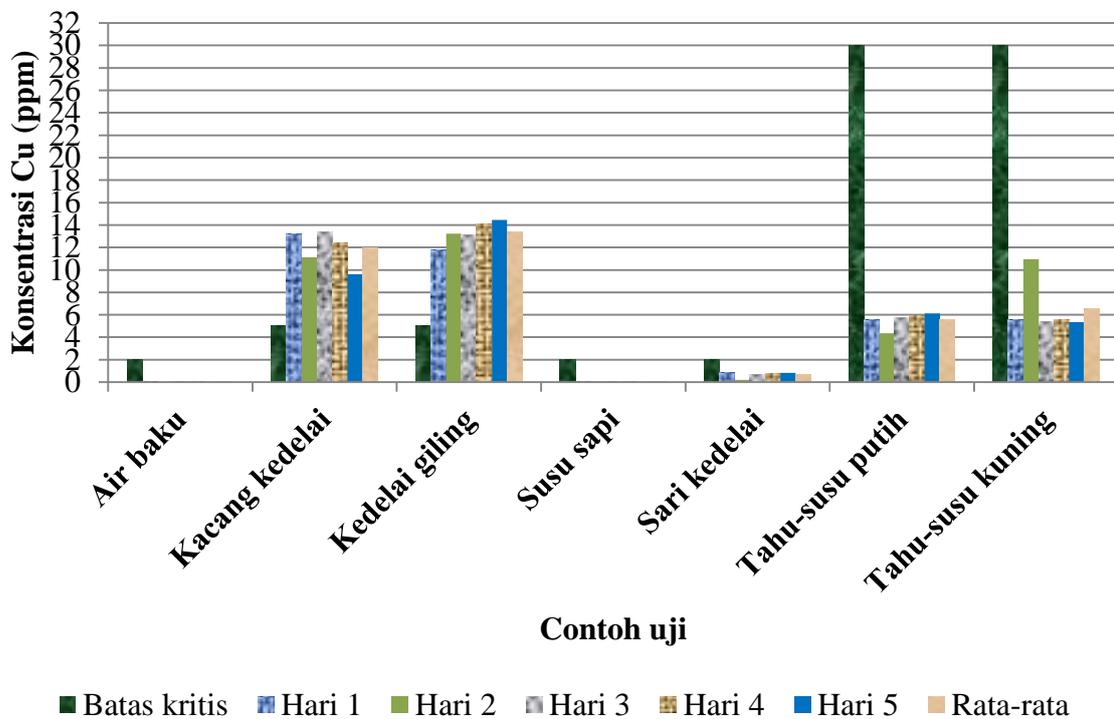
Tabel 7 Identifikasi bahaya pada proses produksi tahu susu

Tahap	Identifikasi Bahaya	Sumber Bahaya
Pemilihan kedelai	Kontaminasi silang dari kedelai yang digunakan untuk produksi	Kualitas kedelai yang digunakan tidak memenuhi syarat kualitas

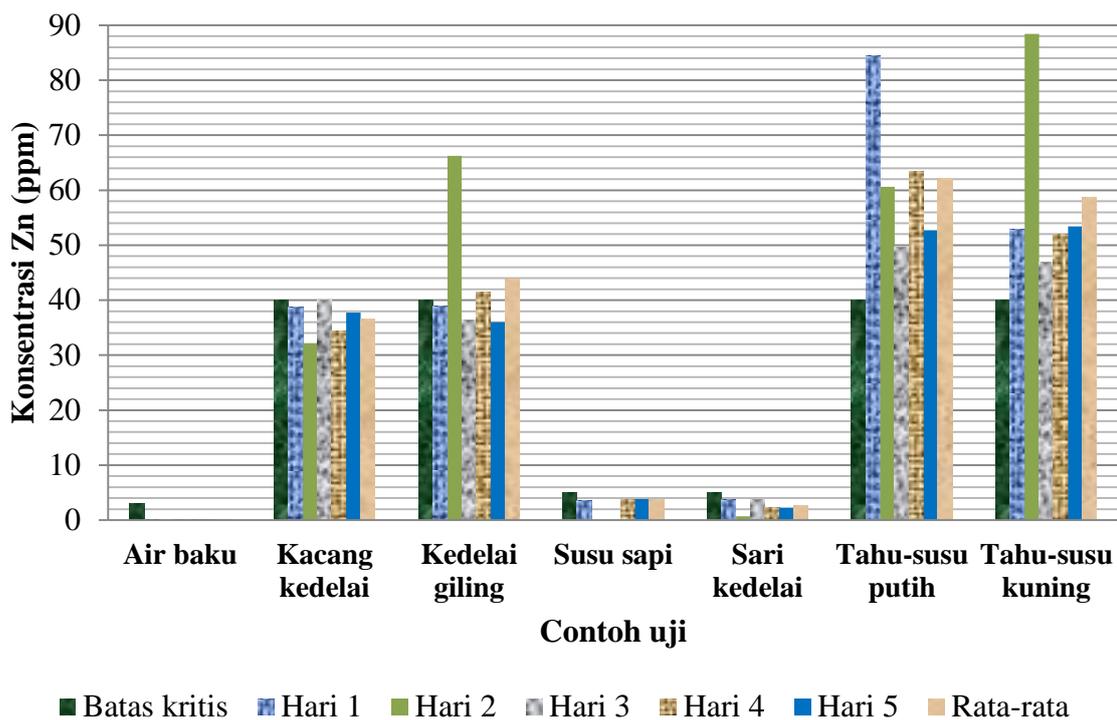
Tahap	Identifikasi Bahaya	Sumber Bahaya
Perendaman kedelai	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminasi silang dari air yang digunakan untuk merendam - Kontaminasi silang dari wadah yang digunakan untuk merendam 	<ul style="list-style-type: none"> - Air yang dipakai tidak memenuhi standar kualitas air - Wadah yang digunakan untuk merendam tidak dalam keadaan baik (kotor, rusak, dsb.)
Pencucian kedelai	Kontaminasi silang dari air yang digunakan untuk mencuci	Air yang dipakai tidak memenuhi standar kualitas air
Penggilingan kedelai	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminasi silang dari air yang digunakan sebagai bahan pembantu proses penggilingan - Kontaminasi silang dari alat penggiling 	<ul style="list-style-type: none"> - Air yang dipakai tidak memenuhi standar kualitas air - Alat penggiling terbuat dari logam dan telah berkarat
Perebusan	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminasi silang dari air yang digunakan untuk merebus - Kontaminasi silang dari wadah yang digunakan untuk merebus 	<ul style="list-style-type: none"> - Air yang dipakai tidak memenuhi standar kualitas air - Wadah terbuat dari logam yang dapat bereaksi pada temperatur tinggi
Penyaringan sari kedelai	Kontaminasi silang dari alat penyaring atau wadah penampung hasil saringan	Alat penyaring atau tempat penampung hasil saringan tidak dalam kualitas baik
Pencampuran dengan susu sapi dan bahan lain	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminasi silang dari bahan lain yang dicampurkan - Kontaminasi silang dari wadah tempat pencampuran - Kontaminasi silang dari alat pengaduk 	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan yang dicampurkan tidak memenuhi standar kualitas - Wadah terbuat dari logam yang dapat bereaksi pada temperatur tinggi dan pH rendah - Alat pengaduk tidak dalam kualitas baik
Pencetakan tahu	Kontaminasi silang dari alat pencetak	Kondisi alat terbuat dari logam yang dapat bereaksi pada temperatur tinggi atau tidak dalam kualitas baik
Pengaraman	<ul style="list-style-type: none"> - Kontaminasi silang dari bahan lain yang dicampurkan - Kontaminasi silang dari air yang digunakan - Kontaminasi silang dari wadah yang digunakan 	<ul style="list-style-type: none"> - Bahan yang dicampurkan tidak memenuhi standar kualitas - Air yang dipakai tidak memenuhi standar kualitas air - Wadah terbuat dari logam yang dapat bereaksi pada temperatur tinggi dan pH rendah
Pengemasan tahu	Kontaminasi silang dari ruang pengemasan	Ruang pengemasan dan penyimpanan dalam keadaan terbuka, dilalui banyak orang, serta tidak memenuhi standar kualitas

Hasil identifikasi bahaya pada keseluruhan proses produksi tersebut menunjukkan bahwa hampir setiap tahapan proses memberikan risiko terjadinya kontaminasi. Bahan-bahan berbahaya yang mungkin mengkontaminasi tersebut dapat berupa bahaya kimia seperti logam berat. Bahan-bahan berbahaya itu dapat masuk ke dalam proses produksi melalui udara, air, bahan baku, pekerja, atau alat-alat yang digunakan dalam proses produksi. Adanya kontaminasi tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor misalnya penggunaan bahan baku atau penggunaan peralatan/wadah yang tidak memenuhi standar kualitas atau bahkan tercemar logam berat.

Dalam batasan tertentu, keberadaan logam berat sangat merugikan tubuh. Untuk mengetahui suatu produk pangan kandungan logamnya memenuhi syarat sesuai SNI (Standar Nasional Indonesia) yang ditetapkan atau tidak, perlu dilakukan pengujian (BPOM RI, 2009). Oleh karena itu, dilakukan pengujian lebih lanjut di laboratorium independen yang telah terakreditasi oleh KAN (Komite Akreditasi Nasional) terhadap kemungkinan adanya kontaminasi logam berat pada proses produksi industri tahu ini. Adapun yang menjadi titik pengujian adalah titik-titik kritis di mana jika pengendalian tidak dilakukan pada tahap ini, maka bahaya keamanan pangan dapat timbul. Titik pengendalian kritis (*critical control point/CCP*) tersebut adalah pada air baku, kacang kedelai, susu sapi, kedelai giling, sari kedelai, serta tahu susu putih dan tahu susu kuning. Pengujian dilakukan terhadap parameter logam berat tembaga (Cu) dan seng (Zn) dengan metode *flame AAS (atomic absorption spectrometry)*. Hasil pengukuran kedua logam berat tersebut beserta perbandingannya terhadap batas kritis (baku mutu yang telah ditetapkan oleh pemerintah) dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **Gambar 3** berikut.



Gambar 2 Hasil pengukuran parameter tembaga (Cu)



Gambar 3 Hasil pengukuran parameter seng (Zn) dalam skala semilog

Tingginya tingkat cemaran Cu akan berdampak negatif terhadap manusia, yaitu dapat menimbulkan keracunan. Gejala yang timbul pada keracunan Cu akut adalah mual, muntah-muntah, diare, sakit perut hebat, hemolisis darah, gagal ginjal, dan kematian (Astawan, 2008). Logam Zn sebenarnya tidak toksik, tetapi dalam keadaan sebagai ion, Zn bebas memiliki toksisitas tinggi. Konsumsi Zn berlebih mampu mengakibatkan defisiensi mineral lain. Toksisitas Zn bisa bersifat akut dan kronis. Gejala toksisitas akut bisa berupa sakit lambung, diare, mual, dan muntah. Gangguan kesehatan lain yang ditimbulkan adalah borok lambung, stomatitis, dan letargia (Handayani, 2010).

Kontaminasi dari atmosfer dan lingkungan sekitar, penggunaan pupuk dan pestisida yang berlebihan, serta kualitas air yang tidak baik atau tercemar merupakan beberapa penyebab kontaminasi logam berat terhadap bahan pangan (Bingöl *et al.*, 2010). Kontaminasi logam Cu pada bahan pangan pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan pada tanaman (Astawan, 2008). Hal ini dapat menjadi penyebab konsentrasi Cu pada kacang kedelai yang menjadi bahan baku produksi melebihi batas kritis atau baku mutu. Adapun toksisitas Zn jarang terjadi karena konsumsi Zn secara langsung, tetapi karena gangguan sistem pencernaan dan diare yang diakibatkan oleh pangan yang terkontaminasi peralatan yang dilapisi Zn (Handayani, 2010). Oleh karena beberapa peralatan pengolahan tahu terbuat dari logam pada umumnya dilapisi oleh logam Zn, seperti alat penggilingan kedelai, wadah perebusan kedelai, cetakan tahu, dan alat pemotong, hal tersebut dapat menjadi penyebab konsentrasi Zn terutama pada kedelai giling, tahu susu putih, dan tahu susu kuning melebihi batas kritis.

Pengaruh proses pengolahan juga dapat mempengaruhi status keberadaan logam tersebut dalam bahan pangan, terutama ketika dilakukan penggilingan kedelai dalam alat penggiling yang telah berkarat atau perebusan dalam wadah yang terbuat dari logam serta dengan kondisi produk yang asam sehingga memungkinkan terjadinya kontaminasi silang dari alat ke dalam bahan pangan. Hal ini erat kaitannya dengan sanitasi peralatan dan ruangan serta kualitas alat dan bahan yang digunakan dalam proses produksi itu sendiri. Peralatan yang digunakan pada setiap kali proses harus diperhatikan kebersihannya, bahan pembuatnya, serta

tidak korosif. Sanitasi ruangan juga harus selalu dijaga sehingga mengurangi risiko terjadinya kontaminasi silang dari ruang tempat bekerja ataupun tempat penyimpanan produk. Selain itu, kualitas bahan baku yang digunakan juga harus diperhatikan. Pemilihan dan penggunaan bahan baku yang berkualitas baik sangat berpengaruh terhadap produk akhir yang dihasilkan. Jika bahan baku yang digunakan telah tercemar, secara langsung atau tidak langsung akan terjadi kontaminasi dari bahan baku tersebut terhadap produk secara keseluruhan.

Tahapan proses yang telah diidentifikasi bahayanya tersebut kemudian ditentukan titik pengendalian kritisnya dengan mempertimbangkan tingkat risikonya. Dari hasil pengujian di laboratorium, dapat diketahui bahwa konsentrasi rata-rata Cu pada kacang kedelai dan kedelai giling telah melebihi kontrol atau batas kritis, sedangkan konsentrasi rata-rata Zn yang melebihi kontrol adalah pada kedelai giling, tahu susu putih, dan tahu susu kuning. Dengan demikian, tahapan proses yang melibatkan titik uji tersebut dikategorikan sebagai titik pengendalian kritis atau *critical control point* (CCP), yaitu tahap pemilihan kacang kedelai dan produk akhir. Hal ini berarti bahwa tahapan-tahapan tersebut apabila tidak dikontrol dan dikendalikan dengan baik dapat membahayakan kesehatan konsumen.

Hal yang dapat dilakukan untuk mengatasi CCP yang di luar kontrol tersebut adalah dengan menerapkan salah satu dari ketujuh prinsip dalam HACCP, yaitu menetapkan tindakan koreksi. Hal ini dilakukan terhadap penyimpangan batas kritis suatu CCP, yaitu adanya konsentrasi rata-rata logam berat yang melebihi kontrol atau baku mutu. Tindakan koreksi yang dilakukan terhadap penyimpangan yang terjadi sangat bergantung pada tingkat risiko produk pangan. Pada produk pangan berisiko tinggi, tindakan koreksi dapat berupa penghentian proses produksi sebelum semua penyimpangan dikoreksi atau diperbaiki, atau produk ditahan dan tidak dipasarkan sampai diuji keamanannya. Tindakan koreksi yang dapat dilakukan selain menghentikan proses produksi antara lain mengeliminasi produk dan kerja ulang produk serta tindakan pencegahan seperti memverifikasi setiap CCP. Tindakan lain yang dapat dilakukan misalnya dengan perawatan peralatan dan pemilihan bahan baku berkualitas baik. Berdasarkan hal tersebut, aplikasi sistem pencegahan dalam program HACCP harus dilakukan sedini mungkin, yaitu mulai dari pemilihan bahan baku. Hal ini disebabkan cemaran seperti logam berat yang dapat mengkontaminasi bahan baku mungkin tidak bisa dihilangkan melalui proses pengolahan yang diterapkan. Jika sistem ini diaplikasikan dengan benar, maka dapat digunakan untuk mengontrol setiap titik dalam sistem produksi pangan yang dapat berkontribusi pada kondisi bahaya. Apabila pengendalian dapat dilakukan terhadap ancaman bahaya tersebut maka akan diperoleh produk yang aman untuk dikonsumsi.

KESIMPULAN

HACCP merupakan suatu sistem pengawasan yang bersifat *preventif* terhadap kemungkinan terjadinya keracunan atau penyakit melalui makanan. Dalam penelitian yang dilakukan ini, ditentukan *critical control point* (CCP) pada setiap tahapan produksi, yaitu pada bahan baku, pengolahan, dan produk akhir dengan menganalisis potensi bahaya melalui pengamatan di lapangan serta pengujian di laboratorium, terutama terhadap kemungkinan kontaminasi logam berat, yaitu tembaga (Cu) dan seng (Zn). Adapun yang menjadi titik uji adalah air baku, kacang kedelai, kedelai giling, susu sapi segar, sari kedelai, serta tahu susu putih dan tahu susu kuning. Hasil pengujian menunjukkan konsentrasi rata-rata Cu dalam kacang kedelai dan kedelai giling telah melebihi kontrol atau batas kritis, sedangkan konsentrasi rata-rata Zn melebihi kontrol pada kedelai giling, tahu susu putih, dan tahu susu kuning. Dari hasil analisis bahaya tersebut, ditetapkan pemilihan bahan baku dan produk akhir sebagai *critical control point* (CCP). Dengan demikian, diperlukan evaluasi dan tindakan koreksi untuk menanggulangi titik kritis yang melebihi kontrol tersebut, antara lain dengan perawatan peralatan dan pemilihan bahan baku berkualitas baik. Berdasarkan hal tersebut, aplikasi sistem pencegahan dalam program HACCP harus dilakukan sedini mungkin, mulai dari pemilihan bahan baku karena logam berat yang dapat mengkontaminasi bahan baku mungkin tidak bisa dihilangkan melalui proses pengolahan yang diterapkan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh LPPM ITB serta dapat terlaksana atas kerja sama dengan PTNBR BATAN Bandung dan Jurusan Teknologi Pangan UNPAS Bandung.

DAFTAR PUSTAKA

- Astawan, Made (2008). Bahaya Logam Berat dalam Makanan. Diakses tanggal 19 Juli 2011 dari <http://www.kompas.com>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia (2009). Kajian Khasiat & Keamanan “Daerah Abu-Abu” antara Obat dan Makanan : Bagaimana Kebenaran Disampaikan. *InfoPOM*, 10 : 1-11
- Badan Standardisasi Nasional (1998). SNI 01-4852-1998 : Sistem Analisa Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (HACCP) serta Pedoman Penerapannya. Badan Standardisasi Nasional : Jakarta
- Basuki, Witono (1995). Peningkatan Keamanan Makanan pada Industri Pangan di Perdesaan dengan Penerapan Konsep HACCP (Hazard Analysis Critical Control Point). *Analisis Sistem*, 2 : 14-21
- Bingöl, M., Yentür, G. & Öktem, A. Y. (2010). Determination of Some Heavy Metal Levels in Soft Drinks from Turkey Using ICP-OES Method. *Czech Journal of Food Science*, 28 : 213-216
- Bonan, B., Martelli, N., Berhoune, M., Maestroni, M., Havard, L. & Prognon, P. (2009). The Application of Hazard Analysis and Critical Control Points and Risk Management in the Preparation of Anti-Cancer Drugs. *International Journal for Quality in Health Care*, 21 : 44-50
- El-Hofi, M., El-Tanboly, El-Sayed & Ismail, Azza (2010). Implementation of the Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP) System to UF White Cheese Production Line. *ACTA Scientiarum Polonorum, Technologia Alimentaria*, 9 : 331-342
- Fardiaz, Srikandi (1994). Pengendalian Keamanan dan Penerapan HACCP dalam Perusahaan Jasa Boga. *Buletin Teknologi dan Industri Pangan*, 5 :71-78
- Handayani, Elya Hilda, Oginawati, Katharina & Santoso, Muhayatun (2010). Analisa Logam Cu dan Zn pada Jajanan Anak Sekolah Dasar di Bandung dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Diakses tanggal 16 Juni 2011 dari http://www.ftsl.itb.ac.id/kk/teknologi_pengelolaan_lingkungan/wp-content/uploads/2010/10/Makalah-Indonesia.pdf
- Mulyawanti, Ira & Dewandari, Kun Tanti (2010). Studi Penerapan HACCP pada Pengolahan Sari Buah Jeruk Siam (Studi Kasus di Citrus Centre Kab. Sambas, Kalbar). *Jurnal Standardisasi*, 12 : 43-49
- Pierson, M. D. & Corlett, D. A. Jr. (1992). *HACCP : Principles and Applications*. Chapman & Hall : New York
- Rayment, George E. (2007). Australian and Some International Food Standards for Heavy Metals. *Torres Strait Baseline Study Conference* : 155-164
- Rosas, P. & Reyes, G. (2009). Design of a HACCP Plan for the Industrial Process of Frozen Sardines. *Archivos Latinoamericanos De Nutrición*, 59 : 310-317
- Sudarmaji (2005). Analisis Bahaya dan Pengendalian Titik Kritis (Hazard Analysis Critical Control Point). *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 1 : 183-190
- Thaheer, Hermawan (2005). *Sistem Manajemen HACCP*. Bumi Aksara : Jakarta
- Tompkins, O. (2009). Hazard Analysis and Critical Control Point. *AAOHN Journal: Official Journal Of The American Association Of Occupational Health Nurses*, 57 : 176
- Zulfify, M. I., Mohd Zahari, M. S., Othman, Z. & Jalis, M. H. (2010). An Investigative Study into the Hazard Analysis of Critical Control Point (HACCP) Implementing in the Small and Medium-Sized Food Manufacturing Enterprises (SMEs). *Interdisciplinary Journal of Contemporary Research in Business*, 1 : 46-69