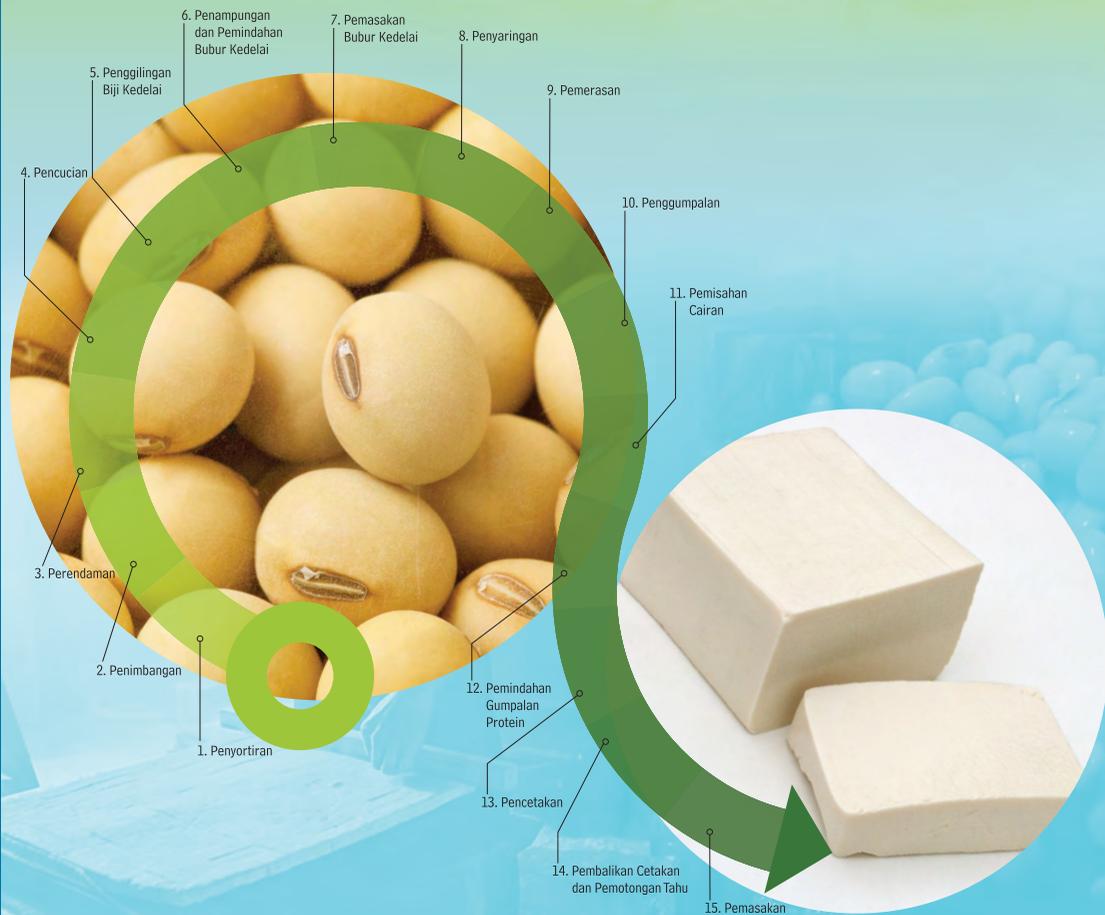


Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan *Cleaner Production*

di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang



Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna
dalam Penerapan *Cleaner Production*

di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang

Dilarang mereproduksi atau memperbanyak seluruh atau sebagian dari buku ini dalam bentuk atau cara apa pun tanpa izin tertulis dari penerbit.

© Hak cipta dilindungi oleh Undang-Undang No. 28 Tahun 2014

All Rights Reserved

Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan *Cleaner Production*

di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang

Doddy Andy Darmajana

Enny Sholichah

Nok Afifah

Rohmah Luthfiyanti

Yusuf Andriana

LIPI Press

© 2015 Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI)
Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan *Cleaner Production* di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang/Doddy A.D., Enny S., Nok A., Rohmah L., Yusuf A. – Jakarta: LIPI Press, 2015.

xiv hlm. + 124 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-979-799-815-8

1. Teknologi
3. Industri Tahu

2. *Cleaner Production*

681.766 4

Copy editor : Kamariah Tambunan
Proofreader : Prapti Sasiwi
Penata isi : Rahma Hilma Taslima
Desainer Sampul : Junaedi Mulawardana

Cetakan Pertama : Maret 2015



Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Jln. Gondangdia Lama 39, Menteng, Jakarta 10350
Telp. (021) 314 0228, 314 6942. Faks. (021) 314 4591
E-mail: press@mail.lipi.go.id

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
PENGANTAR PENERBIT	xi
KATA PENGANTAR	xiii
Bab 1 Produksi Bersih untuk Usaha Kecil Menengah	1
A. Pendahuluan.....	1
B. Permasalahan Produksi Bersih dalam Industri Tahu.....	5
C. Proses Pengolahan Tahu di Industri Kecil.....	6
Bab 2 Profil Industri Tahu di Subang dan Sumedang	15
A. Profil Industri Tahu di Subang.....	15
B. Profil Industri Tahu di Sumedang.....	23
Bab 3 Pengalaman Produksi Bersih (di Semarang dan Sleman)	33
A. Penerapan Produksi Bersih di KSM Mandiri Lestari Semarang (Sebagai tolok ukur Penerapan Produksi Bersih).....	34
B. Penerapan Produksi Bersih di UKM Tahu KAGUMA-Sayegan Sleman (Sebagai tolok ukur Penerapan Produksi Bersih)	40

Bab 4 Proses Produksi di UKM Tahu Subang dan Sumedang	57
A. Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Industri Kecil Tahu di Beberapa Daerah (Semarang, Sleman, Subang, dan Sumedang).....	68
B. Hasil Pengujian Produk Tahu	70
C. Alisisis Neraca Energi Pada Proses Produksi Tahu di Beberapa UKM Tahu Subang dan Sumedang.....	73
Bab 5 Peluang Pemanfaatan TTG di UKM Tahu Berbasis Produksi Bersih	79
A. Arti Penting Teknologi dalam Pengembangan Usaha Kecil dan Menengah	80
B. Teknologi Tepat Guna.....	84
C. Teknologi Produksi Pada Industri Kecil Tahu	85
D. Proses	102
E. Energi.....	103
F. Alat	103
Bab 6 Penutup	105
DAFTAR PUSTAKA	109
INDEKS	113
TENTANG PENULIS	121

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	SNI 01-3142-1998 Syarat Mutu Tahu	7
Tabel 1.2	Kandungan Gizi Ampas Tahu.....	14
Tabel 1.3	Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu	14
Tabel 2.1	Sebaran Industri Kecil Tahu di Kabupaten Subang.....	18
Tabel 2.2	Sebaran Industri Kecil Tahu di Kabupaten Sumedang	26
Tabel 2.3	Data Gambaran Umum Industri Kecil Tahu di Kabupaten Subang dan Sumedang	32
Tabel 3.1	Neraca Massa Proses Pengolahan Tahu KSM Mandiri Lestari.....	39
Tabel 3.2	Mesin dan Peralatan Produksi Tahu pada UKM Tahu KAGUMA.....	43
Tabel 3.3	Kondisi Proses Produk Tahu di UKM Tahu KAGUMA.....	45
Tabel 3.4	Neraca Massa Rata-Rata pada Proses Produksi Tahu di UKM Tahu KAGUMA.....	51
Tabel 3.5	Neraca Energi Proses Produksi Tahu	53
Tabel 4.1	Kondisi Operasi Proses Pembuatan Tahu di Pengrajin Sumedang.....	58
Tabel 4.2	Perbandingan Mesin dan Peralatan pada UKM Tahu di Subang dan Sumedang.....	60
Tabel 4.3	Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Sari Bumi.....	65
Tabel 4.4	Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Engkos OT, Sumedang..	66
Tabel 4.5	Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Putra Subang	67
Tabel 4.6	Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Industri Kecil Tahu.....	69

Tabel 4.7	Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Industri Kecil Tahu.....	69
Tabel 4.8	Perbandingan Komposisi Tahu Sumedang dan SNI.....	71
Tabel 4.9	Hasil Analisis Proksimat Setiap Tahapan Proses Pengolahan Tahu	71
Tabel 4.10	Hasil Analisis Limbah Cair Pengolahan Tahu.....	73
Tabel 4.11	Standar Kualitas Air Limbah.....	73
Tabel 4.12	Luas Permukaan Pindah Panas pada Tungku Pemasakan Bubur Kedelai	74
Tabel 4.13	Neraca Energi UKM Tahu Sari Bumi Sumedang	75
Tabel 4.14	Neraca Energi UKM Tahu Engkos OT Sumedang.....	77
Tabel 4.15	Neraca Energi UKM Tahu Putera Subang.....	78
Tabel 5.1	Evaluasi Teknologi pada Tahapan Proses Pembuatan Tahu (hasil studi di Kabupaten Subang dan Sumedang).....	87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Bagan Proses Pembuatan Tahu (Salim dan Sriharti 1996)....	8
Gambar 1.2	Tungku pemasakan dibuat dari tembok dengan dasar dari wajan logam.....	10
Gambar 2.1	Peta Wilayah Kabupaten Subang	16
Gambar 2.2	Sebaran Usia Pengrajin Tahu di Subang.....	18
Gambar 2.3	Tingkat Pendidikan Pengrajin Tahu di Subang	19
Gambar 2.4	Lama Usaha Pengrajin Tahu di Subang.....	20
Gambar 2.5	Asal Pengetahuan Pengrajin dalam Pengolahan Tahu	20
Gambar 2.6	Luas Areal Produksi UKM Tahu di Subang.....	21
Gambar 2.7	Letak Areal Produksi UKM Tahu di Subang.....	21
Gambar 2.8	Kapasitas Produksi UKM Tahu per Hari di Subang.....	22
Gambar 2.9	Lama Waktu Produksi (jam).....	22
Gambar 2.10	Jumlah Tenaga Kerja pada UKM Tahu di Subang	23
Gambar 2.11	Nama Perusahaan UKM Tahu di Subang.....	23
Gambar 2.12	Peta Kabupaten Sumedang, Jawa Barat	24
Gambar 2.13	Sebaran Usia Pengrajin Tahu di Sumedang	27
Gambar 2.14	Tingkat Pendidikan Pengrajin Tahu di Sumedang.....	27
Gambar 2.15	Lama Usaha Pengrajin Tahu di Sumedang	28
Gambar 2.16	Asal Pengetahuan Pengrajin dalam Pengolahan Tahu	28
Gambar 2.17	Luas Areal Usaha Pengrajin Tahu di Sumedang	29
Gambar 2.18	Letak Area Produksi UKM Tahu di Sumedang.....	29
Gambar 2.19	Kapasitas Produksi UKM Tahu per Hari di Sumedang.....	30

Gambar 2.20	Lama Waktu Produksi Tahu di Sumedang.....	30
Gambar 2.21	Nama UKM Tahu di Sumedang.....	31
Gambar 2.22	Jumlah Tenaga Kerja pada UKM Tahu di Sumedang.....	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Proses Produksi Tahu di Rumah Produksi KAGUMA.....	44
Gambar 3.2	<i>Disc Mill</i> pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman.....	47
Gambar 3.3	Ketel Uap pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman ..	47
Gambar 3.4	Bak Pemasakan pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman.....	48
Gambar 3.5	Peralatan Ekstraksi pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman.....	49
Gambar 3.6	Cetakan Tahu pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman.....	50
Gambar 3.7	<i>Layout</i> Lantai Produksi pada UKM Tahu Sayegan	56
Gambar 4.1	Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Sari Bumi	61
Gambar 4.2	Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Engkos OT.....	62
Gambar 4.3	Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Putra Subang.....	62
Gambar 5.1	Alat Sortasi Biji Kedelai.....	94
Gambar 5.2	Timbangan Duduk dan Pegas.....	95

PENGANTAR PENERBIT

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press memiliki tanggung jawab untuk mencerdaskan kehidupan bangsa melalui penyediaan terbitan ilmiah yang berkualitas. Terbitan dalam bentuk buku ilmiah dengan judul *Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan Cleaner Production di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang* ini telah melewati mekanisme penjaminan mutu, termasuk proses penelaahan dan penyuntingan oleh Dewan Editor LIPI Press.

Buku ini merupakan hasil kajian penerapan produksi bersih yang dilakukan pada industri kecil tahu di wilayah Subang dan Sumedang, terutama dalam hal efisiensi proses dan energi. Selain itu, buku ini juga membuat rekomendasi teknis pemanfaatan teknologi tepat guna dalam penerapan produksi bersih di industri kecil tahu.

Harapan kami, semoga buku ini dapat bermanfaat bagi industri kecil tahu untuk meningkatkan efisiensi proses dan energi yang pada akhirnya akan berdampak pada pengurangan pencemaran lingkungan. Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ini.

LIPI Press

KATA PENGANTAR

Buku ini merupakan pengembangan hasil penelitian yang dibiayai dalam Program Insentif Peneliti dan Perekayasa DIKTI-LIPI. Kegiatan penelitian dan penulisan dilakukan oleh tim peneliti Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna-LIPI yang sekarang menjadi Pusat Pengembangan Teknologi Tepat Guna-Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Topik yang dikaji adalah pemanfaatan teknologi tepat guna dalam penerapan produksi bersih (*cleaner production*) pada industri kecil tahu di Subang dan Sumedang.

Industri kecil pengolahan pangan, khususnya pengolahan tahu, memanfaatkan air cukup banyak dan menghasilkan limbah cair dan limbah padat yang mencemari lingkungan sekitar industri. Kegiatan ini bertujuan mengkaji peluang pemanfaatan teknologi tepat guna di industri kecil pengolahan tahu yang dikaitkan dengan penerapan konsep produksi bersih. Kajian ini dilakukan pada industri kecil tahu di Subang dan Sumedang. Kegiatan yang dilakukan meliputi kajian literatur, survei lapangan, pengujian laboratorium serta konsultasi dan interaksi dengan pakar yang berkompeten. Kemudian hasil kegiatan dianalisis sehingga menghasilkan rekomendasi teknis yang diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan, antara lain Dinas Perindustrian, Badan Pengendalian Lingkungan Hidup, dan Industri Tahu.

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Dirjen Pendidikan Tinggi Depdiknas, LIPI, Pusat Produksi Bersih Nasional, Kantor

Pengendalian Dampak Lingkungan Hidup Kabupaten Sleman, Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sleman, Dinas Koperasi Kota Tegal, Kelompok pengrajin tahu “KAGUMA” di Rumah Produksi Tahu “KAGUMA” Seyegan Sleman, Industri Kecil Tahu di Kota Tegal dan Kecamatan Adiwerna Tegal, Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Subang dan Sumedang, Dinas Koperasi Kabupaten Subang dan Sumedang, Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Daerah Subang dan Sumedang, Industri Kecil Tahu Sari Bumi (Bapak Dede) Sumedang, Industri Kecil Tahu OT Engkos (Bapak Engkos), Industri Kecil Tahu Putra Subang (Bapak Dede), Industri Kecil Tahu Subang (Bapak Jajang Mulyadi), Industri Kecil Tahu Sumedang (Ibu Ita Karmita, Bapak Aye Rasyidi, Undang), Industri Kecil Tahu Subang (Bapak H. Rasyidi, Bapak Hapid, Asep Sutia), dan semua pihak yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian ini.

Kami berharap buku ini bermanfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan dalam rangka meningkatkan kualitas industri kecil dan menengah, khususnya pengolahan tahu. Saran dan kritik untuk penyempurnaan isi buku ini sangat diharapkan.

Kepala Pusat Pengembangan TTG
Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia

Dr. Ir. Yoyon Ahmudiarto, M.Sc. IPM
NIP 195801041984031001

Bab 1

Produksi Bersih untuk Usaha Kecil Menengah



Sumber: koleksi tim

Tangki pemasakan bubur kedelai di Tegal

A. Pendahuluan

Tahu merupakan salah satu hasil olahan bahan pangan yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat. Tingginya permintaan pasar akan produk tahu yaitu sebesar 6,987 kg per kapita pada tahun 2012 (Survei Sosial Ekonomi Nasional, 2008–2012, <http://www.deptan.go.id>) dan didukung oleh kemudahan mendapatkan bahan baku kedelai merangsang pertumbuhan industri kecil tahu. Menurut data dari DisperindagSar Kabupaten Subang (2010), jumlah industri kecil tahu

di Subang sebanyak 155 unit usaha, sedangkan daerah Sumedang yang dikenal sebagai sentra industri tahu mencapai 232 industri kecil (Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Sumedang Tahun 2010). Lebih lanjut, kapasitas produksi rata-rata pada tingkat UKM antara 25–500 kg kedelai per hari.

Lokasi pabrik (industri) tahu di Subang dan Sumedang biasanya berkumpul dalam satu wilayah atau sentra. Proses produksi tahu yang dilakukan oleh para pengrajin umumnya belum memperhatikan prinsip-prinsip cara produksi makanan yang baik (CPMB)¹ termasuk dampaknya pada lingkungan.

Hal ini menyebabkan efisiensi proses, baik penggunaan bahan (seperti kedelai dan air) maupun energi kurang mendapat perhatian. Sebagai contoh, penggunaan air untuk proses harus memenuhi syarat mutu baku air untuk pengolahan makanan, atau jumlah pemakaian air yang cenderung berlebih karena tidak dikendalikan menggunakan keran air. Peningkatan efisiensi pada setiap tahapan proses akan mengoptimalkan sumber daya atau setiap komponen produksi, menjaga mutu produk yang baik, dan memberikan dampak lingkungan yang positif. Salah satu konsep yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan bahan baku, bahan penunjang dan energi di seluruh tahapan produksi dan minimalisasi limbah adalah konsep produksi bersih (*cleaner production concept*).

Berdasarkan *United Nations Environment Program* (UNEP), produksi bersih (*cleaner production*) merupakan suatu kegiatan berkelanjutan dari strategi penanggulangan dampak lingkungan secara terpadu yang pelaksanaannya meliputi proses produksi, penanganan produk sampai pemasaran untuk meningkatkan efisiensi sumber daya, dan mengurangi dampak bagi manusia dan lingkungan (<http://www.unep.fr/scp/cpl/>).

¹ CPMB adalah suatu pedoman yang menjelaskan bagaimana memproduksi makanan agar bermutu, aman dan layak untuk dikonsumsi. Di dalam CPMB dijelaskan mengenai persyaratan-persyaratan yang harus dipenuhi tentang penanganan bahan pangan di seluruh matarantai pengolahan dari mulai bahan baku sampai produk akhir

Pada tahap proses, produksi bersih mencakup upaya penghematan bahan baku dan energi, tidak menggunakan bahan baku bahan berbahaya dan beracun (B3), mengurangi jumlah toksik semua limbah dan emisi yang dikeluarkan sebelum produk meninggalkan proses.

Untuk “produk”, produksi bersih memfokuskan pada upaya pengurangan dampak yang timbul di keseluruhan daur hidup (*life cycle*) produk, mulai dari ekstraksi bahan baku sampai pembuangan akhir setelah produk tidak dapat digunakan lagi.

Fokus dalam produksi bersih adalah meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi timbulnya polutan. Prinsip dasar produksi bersih adalah limbah atau hasil samping dari suatu proses produksi tidak dianggap dan diperlakukan sebagai sampah, namun dianggap dan dihitung sebagai sumber daya yang masih bisa dimanfaatkan. Dengan kata lain, prinsip dasar dalam produksi bersih adalah “3R (*reduce, re-use, recycle*)”. Konsep penerapan produksi bersih bagi industri tahu adalah menerapkan prinsip 5R (*Re-think, Re-use, Reduction, Recovery, dan Recycle*) (PPBN 2006).

- 1) *Re-think*, adalah konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi. Konsep pemikiran ini ditunjukkan oleh komitmen Dinas Perindustrian dan Badan Pengelola Lingkungan Daerah dalam menyosialisasikan penerapan produksi bersih bagi industri tahu. Pelatihan penerapan produksi bersih bagi pengrajin tahu dan operator rumah produksi sentra industri tahu. Pembinaan dan pengawasan pelaksanaan penerapan produksi bersih secara berkala.
- 2) *Re-use*, adalah suatu teknologi yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa mengalami perlakuan fisika/kimia/biologi. Dampak penggunaan kembali adalah pemanfaatan air, baik untuk produksi tahu (pencucian kedelai) maupun untuk kebutuhan tanaman. Limbah cair tahu (*whey*) dapat dimanfaatkan sebagai bahan penggumpal.
- 3) *Reduction*, atau mengurangi limbah pada sumbernya adalah teknologi yang dapat mengurangi atau mencegah timbulnya

pencemaran di awal produksi. Implikasi dari *reduction* adalah mengurangi dan meminimalkan penggunaan bahan baku, air, energi, dan penggunaan bahan baku berbahaya serta mereduksi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga mencegah dan mengurangi dampak lingkungan dan risikonya bagi manusia. Penggunaan keran untuk mengontrol pemakaian air; pemilihan tungku yang lebih efisien energi; pemilihan teknik pemasakan yang membutuhkan energi lebih rendah (pemasakan dengan uap).

- 4) *Recovery*, adalah teknologi untuk memisahkan suatu bahan/energi dari suatu limbah untuk kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika/kimia/biologi. Pemanfaatan *whey* untuk bahan penggumpal. Pemakaian panas terbuang untuk memanaskan air ekstraksi.
- 5) *Recycling* atau daur ulang yaitu teknologi yang berfungsi untuk memanfaatkan limbah dengan memproses kembali secara fisika/kimia/biologi menjadi suatu produk yang bernilai. Pemanfaatan *whey* untuk nata de soya atau biogas. Pemanfaatan ampas tahu untuk oncom, snak atau pakan ternak.

Produksi bersih merupakan suatu strategi yang dikembangkan untuk mengurangi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan industri dengan pendekatan *win-win solution*, di mana pihak industri memperoleh peningkatan efisiensi di setiap aspek produksi seiring dengan berkurangnya dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh kegiatan industri (Arundhati 2008 dan Fujitsuka 2008).

Manfaat yang diperoleh dari penerapan produksi bersih.

- 1) Sebagai pedoman bagi perbaikan produk dan proses.
- 2) Penghematan bahan baku dan energi yang sekaligus pengurangan ongkos produksi per satuan produk.
- 3) Peningkatan daya saing melalui penggunaan teknologi baru dan/atau perbaikan teknologi.
- 4) Pengurangan kebutuhan energi.
- 5) Ketaatan terhadap baku mutu dan peraturan yang lebih banyak.

- 6) Perbaiki citra perusahaan di mata masyarakat.
- 7) Pengurangan biaya secara nyata sebagai alternatif solusi pengolahan “*end pipe*” yang mahal.

Oleh karena itu, para pengrajin tahu, pembina UKM atau pengambil kebijakan di daerah-daerah yang menjadi sentra pengrajin tahu dapat memanfaatkan hasil kajian ini, terutama dalam mendapatkan efisiensi penggunaan bahan baku seperti kedelai, air untuk proses dan bahan bakar (sebagai) energi untuk memasak bubur kedelai hingga menjadi tahu.

B. Permasalahan Produksi Bersih dalam Industri Tahu

Berdasarkan hasil survei pendahuluan yang telah dilakukan pada bulan April tahun 2009 untuk mendapatkan data awal proses produksi tahu dan pemakaian energi untuk produksi tahu, permasalahan yang paling dirasakan pengrajin tahu adalah kesulitan bahan bakar sebagai energi. Hal ini disebabkan oleh kelangkaan minyak tanah, sulitnya memperoleh kayu bakar, atau sekam sebagai alternatif bahan bakar yang digunakan. Sekam selain sebagai bahan bakar pada UKM tahu, juga digunakan sebagai bahan bakar pada industri genteng (di Jatiwangi).

Selain itu, permasalahan lain adalah polusi udara di area produksi dan lingkungan sekitar akibat asap yang ditimbulkan dari penggunaan sekam atau kayu bakar untuk memasak bubur kedelai serta tata letak ruang produksi (*layout*) dan sanitasi lingkungan proses produksi yang belum mendapat perhatian serius.

Berikut ini ditunjukkan beberapa hal yang patut menjadi perhatian

- 1) Pembuangan limbah cair di area sekitar tempat produksi yang memicu timbulnya aroma/bau yang mengganggu.
- 2) Bau yang ditimbulkan mengindikasikan adanya pertumbuhan mikroba dan sangat berpotensi mengontaminasi tahapan proses serta produk akhir (tahu). Mikroba dapat mengontaminasi terhadap produk tahu, sedangkan bau menjadikan lingkungan

produksi tidak nyaman dan mengganggu rumah tinggal serta lingkungan sekitar.

- 3) Tingkat kebersihan peralatan proses produksi kurang diperhatikan, terlihat adanya sisa bahan yang tertinggal cukup lama. Sisa bahan tersebut dapat mengalami pembusukan dan akan mencemari bahan dan proses selanjutnya.
- 4) Abu hasil pembakaran dari bahan bakar (kayu atau sekam) yang digunakan untuk pemasakan belum/tidak ditempatkan pada tempat khusus. Abu tersebut bila tertiuip angin akan mengotori ruang produksi.

Oleh karena itu, pendekatan penerapan produksi bersih diharapkan dapat mengatasi permasalahan-permasalahan tersebut. Penerapan produksi bersih dapat diawali dengan mengidentifikasi neraca massa dan energi pada setiap proses produksi, selanjutnya menentukan strategi dan peluang penerapan produksi bersih (Romli 2008).

Buku ini merupakan hasil kajian penerapan produksi bersih yang dilakukan pada industri kecil tahu di wilayah Subang dan Sumedang, terutama dalam hal efisiensi proses dan energi dan membuat rekomendasi teknis pemanfaatan teknologi tepat guna dalam penerapan produksi bersih di industri kecil tahu. Rekomendasi teknis diharapkan bermanfaat bagi industri kecil tahu untuk meningkatkan efisiensi proses dan energi yang pada akhirnya akan berdampak pada pengurangan pencemaran lingkungan.

C. Proses Pengolahan Tahu di Industri Kecil

Tahu adalah suatu produk makanan berupa padatan lunak yang dibuat melalui proses pengolahan kedelai (jenis *Glycine*) dengan cara pengendapan protein, dengan atau tanpa penambahan bahan lain yang diizinkan (SNI 01-3142-1998). Menurut Suprapti (2005), tahu merupakan salah satu jenis makanan yang dibuat dari kedelai dengan jalan memekatkan protein kedelai dan mencetaknya melalui proses pengendapan protein pada titik isoelektrisnya, dengan atau tanpa penambahan unsur lain yang diizinkan. Tahu juga didefinisikan seba-

gai pekatan protein kedelai dalam keadaan basah dengan komponen terbesarnya yang terdiri atas air dan protein. Berdasarkan Standar Nasional Indonesia No. 01-3142 tahun 1998, syarat mutu tahu adalah seperti ditampilkan pada Tabel 1.1.

Dasar dari pembuatan tahu adalah melarutkan protein yang terkandung di dalam kedelai dengan menggunakan air sebagai pelarut. Setelah protein larut dalam air, kemudian diendapkan kembali dengan bahan pengendap. Kandungan protein tahu cukup tinggi (12,9 gram per 100 gram berat basah) (Astawan dan Astawan 1991).

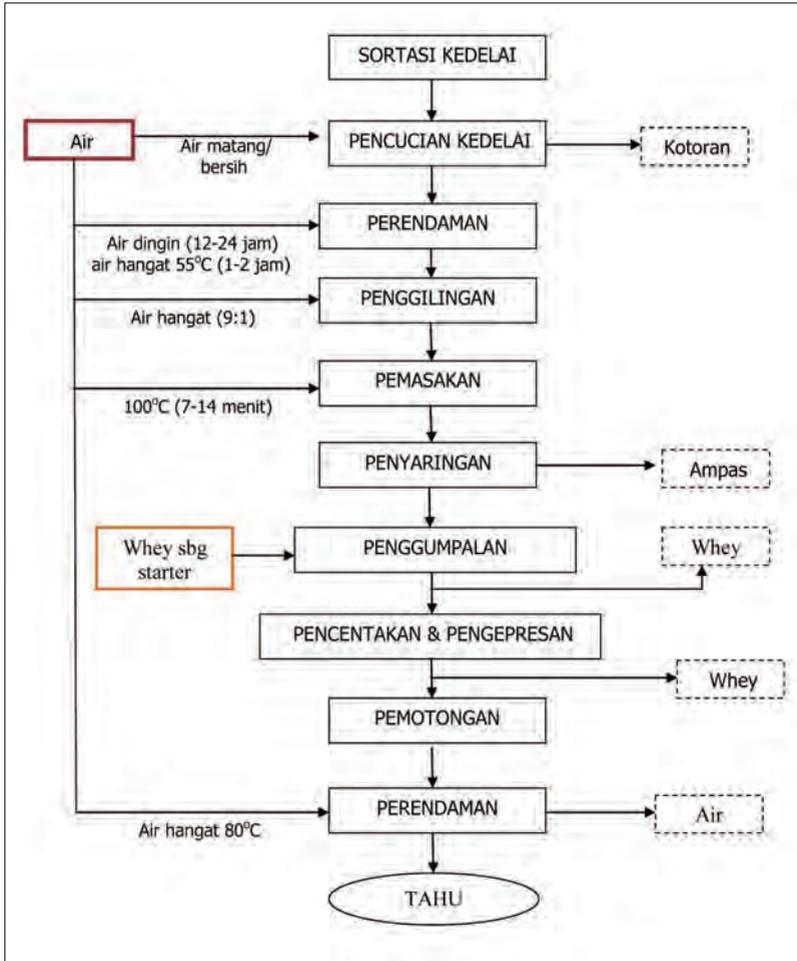
Tabel 1.1 SNI 01-3142-1998 Syarat Mutu Tahu

No	Jenis Uji	Satuan	Persyaratan
1.	Keadaan:		
1.1.	Bau		Normal
1.2.	Rasa		Normal
1.3.	Warna		Putih normal atau kuning normal
1.4.	Penampakan		Normal tidak berlendir dan tidak berjamur
2.	Abu	% (b/b)	Maks. 1
3.	Protein (N x 6,25)	% (b/b)	Min. 9,0
4.	Lemak	% (b/b)	Min. 0,5
5.	Serat kasar	% (b/b)	Maks. 0,1
6.	Bahan tambahan makanan	% (b/b)	Sesuai SNI 01-0222-M dan Permenkes No. 722/Men.Kes/Per/IX/1988
7.	Cemaran logam:		
7.1.	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 2,0
7.2.	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 30,0
7.3.	Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 40,0
7.4.	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0/250,0*
7.5.	Raksa (Hg)	mg/kg	Maks. 0,03
8.	Cemaran Arsen (As)	mg/kg	Maks. 10,0
9.	Cemaran mikroba:		
9.1.	<i>Eschericia coli</i>	APM/g	Maks. 10
9.2.	<i>Salmonella</i>	/25 g	Negatif

* dikemas dalam kaleng

Cara pembuatan tahu yang dikembangkan oleh Pusat Pengembangan Teknologi Pangan IPB (Buletin Pusbangtepa IPB 1989 di dalam Salim dan Sriharti 1996) adalah sebagai pada Gambar 1.1.

Produk tahu berasal dari larutan sari kedelai yang digumpalkan dengan koagulan/bahan pengendap pada kondisi asam. Secara umum, proses pembuatan tahu terdiri atas tiga tahap, yaitu tahap



Gambar 1.1 Bagan Proses Pembuatan Tahu (Salim dan Sriharti 1996)

persiapan, tahap proses produksi, dan tahap akhir (*finishing*). Tahapan persiapan dalam proses pengolahan tahu meliputi persiapan bahan baku (sortasi, perendaman, dan pencucian kedelai), dan persiapan bahan penggumpal. Tahapan proses, antara lain penggilingan kedelai, pemasakan (perebusan) bubur kedelai, penyaringan, penggumpalan protein sari kedelai, pencetakan, dan pemotongan tahu. Tahapan akhir dari proses pengolahan tahu adalah pewarnaan dan penggaraman (Suprapti 2005).

Tahapan awal proses pembuatan tahu adalah tahapan sortasi kedelai. Kedelai yang dibeli dari pasar biasanya masih tercampur dengan benda lain (terutama kedelai lokal) sehingga perlu dilakukan pembersihan dan penyortiran. Bahan baku kedelai perlu disortasi dari kotoran, seperti kerikil, kulit kedelai, dan kedelai yang rusak. Di industri kecil pengolahan tahu di Kabupaten Subang dan Sumedang, bahan baku yang digunakan berupa kedelai jenis impor. Kedelai impor memiliki karakteristik biji yang besar, warna cokelat cerah, dan hampir tidak ditemukan kotoran (kerikil dan pasir) sehingga tidak dilakukan tahapan sortasi.

Selain kedelai, air merupakan bahan utama yang sangat diperlukan bagi industri pengolahan tahu, karena selain digunakan untuk proses pengolahan, air juga digunakan untuk mencuci bahan baku, peralatan, ruangan, dan pekerja. Air untuk industri tahu harus merupakan air yang dapat diminum, yang memenuhi kualitas baku mutu lingkungan. Umumnya untuk industri kecil tahu di Subang-Sumedang menggunakan air tanah/sumur.

Tahapan selanjutnya adalah proses pencucian dan perendaman kedelai. Tujuan dari proses pencucian adalah untuk menghilangkan kotoran yang ada pada kedelai. Adapun proses perendaman bertujuan untuk mencapai kondisi asam yang nantinya akan membantu pengendapan protein, melunakkan biji kedelai sehingga memudahkan penggilingan menjadi bubur kedelai, dan melepas kulit ari. Tahu yang dibuat dari kedelai tanpa kulit ari akan lebih tahan lama dan kurang bau langunya. Perendaman kedelai pada industri kecil tahu di Subang

dan Sumedang rata-rata dilakukan selama 2–3 jam dengan penambahan air yang jumlahnya cukup untuk merendam semua kedelai. Jumlah air perendam minimal dua kali jumlah bahan baku kedelai. Perendaman yang terlalu lama akan mengakibatkan air rendaman menjadi asam sehingga mutu tahu kurang baik.

Setelah tahapan perendaman kemudian kedelai dicuci beberapa kali dengan air sumur untuk memastikan bahwa kedelai yang akan digiling sudah bersih dari kotoran. Penggilingan kedelai menggunakan mesin penggiling dengan bahan bakar solar. Penggilingan kedelai menggunakan air panas untuk menginaktivkan enzim lipoksigenase dalam kedelai yang menyebabkan bau langu. Pada umumnya industri kecil tahu di Subang dan Sumedang melewati proses penggilingan kedelai dengan menggunakan air dingin.

Kedelai yang sudah digiling kemudian menghasilkan bubur kedelai. Bubur kedelai yang dihasilkan kemudian dimasak dalam wadah yang terbuat dari tembok. Konstruksi tungku pemasak dari pasangan bata dan semen, sedangkan dasar bejana yang berhubungan langsung dengan “lidah api” dari bejana (wajan) logam. (Gambar 1.2).

Tahapan pemasakan bertujuan untuk pemanasan bubur kedelai yang akan memengaruhi ekstraksi protein sehingga akan berpenge-



Gambar 1.2 Tungku pemasakan dibuat dari tembok dengan dasar dari wajan logam.

ruh terhadap kandungan protein tahu. Untuk itu, waktu dan suhu pemasakan harus diperhatikan. Pemanasan dilakukan juga untuk menginaktifkan zat antinutrisi kedelai (*trypsin inhibitor*) sehingga akan meningkatkan nilai cerna. Pemasakan pada industri kecil tahu di Subang dilakukan dalam tungku semen tanpa mengontrol waktu dan suhu pemasakan sehingga kebutuhan bahan bakar yang digunakan masih perlu dievaluasi.

Sari kedelai dihasilkan melalui penyaringan hasil pemasakan bubur kedelai. Penggunaan (jenis) kain saring akan menentukan banyaknya ampas bubur kedelai yang lolos dan bercampur dengan sari kedelai. Umumnya industri kecil menggunakan kain saring dari jenis kain batis (kain batis adalah kain halus tipis tembus cahaya yang merupakan salah satu bahan tenunan). Kain ini biasa digunakan untuk membuat katun, wol, polyester, atau campuran. Walaupun kain ini sangat tipis dan tembus cahaya, tetapi tidak transparan. Batis biasa digunakan untuk tempat pakaian atau pelapis perabotan (<http://id.wikipedia.org/wiki/Batis>). Sari kedelai selanjutnya digumpalkan dan menghasilkan cairan (*whey*) dan bagian (endapan) padat untuk dicetak menjadi tahu. Pencetakan tahu umumnya masih dilakukan secara manual sehingga kepadatan dan berat tahu tidak seragam.

Penggumpalan protein (pada kondisi asam) dari susu kedelai menjadi tahu di daerah Subang umumnya menggunakan 'air biang' yaitu cairan hasil pengepresan tahu yang sudah diasamkan semalam. Sebagai pengganti dapat pula digunakan air jeruk, cuka, larutan asam laktat, larutan CaCl_2 atau CaSO_4 , dan garam (batu tahu).

Menurut Suprpti (2005), ada tiga jenis penggumpal protein pada proses pembuatan tahu, yaitu asam cuka (CH_3COOH), batu tahu (CaSO_4), dan cairan sisa (*whey*). Asam cuka atau asam asetat yang di pasaran merupakan asam asetat dalam kondisi pekat sehingga diperlukan penambahan air dengan perbandingan 2 : 5 (cuka : air) di mana tiap liter bubur kedelai dapat digumpalkan dengan ± 3 cc asam cuka encer. Agar dapat digunakan sebagai penggumpal, batu tahu (CaSO_4) harus dibakar terlebih dahulu hingga dapat dihancurkan menjadi

bubuk putih (tepung gips). Pembakaran tidak perlu dilakukan terlalu lama. Tepung gips tersebut dilarutkan ke dalam air sampai jenuh dan dibiarkan beberapa saat agar terbentuk endapan. Selanjutnya, bagian bening dipisahkan dan dipergunakan sebagai bahan penggumpal.

Cairan sisa proses penggumpalan dalam pembuatan tahu (*whey*) masih dapat digunakan lagi sebagai bahan penggumpal dalam proses penggumpalan selanjutnya. Selain itu, juga dapat dimanfaatkan untuk beberapa macam keperluan yaitu sebagai minuman penggemuk ternak, makanan ikan, pupuk tanaman, dan jamur serta bahan pembuatan *nata de soya* dan cuka manis (*vinegar*). *Whey* ini jika tidak dimanfaatkan dan langsung dibuang ke lingkungan akan menyebabkan pencemaran lingkungan.

Sewaktu masih baru, cairan sisa (limbah tahu) tersebut tidak berbau. Namun, apabila dibiarkan dalam jangka waktu lebih dari enam jam akan menimbulkan bau yang semakin lama semakin menyengat. Agar dapat digunakan sebagai bahan penggumpal protein dalam pembuatan tahu, *whey* atau cairan sisa pengepresan harus disimpan terlebih dahulu selama 24 jam. Hal ini bertujuan untuk proses fermentasi oleh bakteri asam cuka sehingga *whey* menjadi asam. Bahan ini sangat aman dan juga ekonomis karena tersedia di tempat pembuatan tahu.

Dari bahan baku kedelai sebanyak 60 kg akan menghasilkan 80 kg tahu dengan hasil samping berupa 70 kg ampas tahu, 1.620 kg *whey* (sisa cairan tahu), dan air sebanyak 1.800 liter. Hasil samping pengolahan tahu ini merupakan bahan yang mempunyai potensi pencemaran yang sangat tinggi karena kandungan bahan organiknya yang tinggi (Salim dan Sriharti 1996).

1. Penggunaan Air dan Bahan Bakar

Penggunaan utilitas dalam industri tahu meliputi air, baik untuk air proses maupun pencucian, bahan bakar dan listrik. Menurut Salim dan Sriharti (1996) dari beberapa hasil studi dilaporkan bahwa untuk mengolah 60 kg kedelai menjadi tahu diperlukan air 2,1 m³ dengan perincian sebagai berikut.

Proses pencucian	=	200 liter
Proses perendaman	=	240 liter
Proses penggilingan	=	60 liter
Proses pemasakan	=	600 liter
Proses pencucian ampas	=	1.000 liter
Jumlah	=	2.100 liter

Sumber: Salim dan Sriharti 1996

Penggunaan bahan bakar pada industri kecil tahu biasanya untuk peralatan mesin penggiling kedelai berupa solar. Konsumsi bahan bakar mesin penggiling untuk setiap 50 kg kedelai adalah 2 liter solar. Bahan bakar juga diperlukan untuk proses pemasakan. Cara memasak umumnya masih menggunakan tungku tradisional dengan bahan bakar kayu sehingga relatif boros energi panas memberikan polusi asap yang dapat mengganggu kesehatan, dan mengotori hasil produksi. Dari laporan pengamatan survei terdahulu industri kecil tahu secara tradisional kapasitas 60 kg kedelai per hari dengan 5–6 pemasakan mengonsumsi 1,15 kg kayu bakar per kg kedelai, 0,4 kg sekam per kg kedelai atau jika masih menggunakan minyak tanah sekitar 0,4 liter per kg kedelai (Supriyatno dan Mamat 1994).

2. Limbah Pengolahan

Pengolahan tahu menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu dan sisa pembakaran apabila pemasakan menggunakan kayu bakar dan sekam dan limbah cair berupa *whey* dan air cucian. Menurut Radiati (2002), ampas tahu sendiri masih mempunyai nilai ekonomis bila dilihat dari kandungan gizinya, seperti pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Kandungan Gizi Ampas Tahu

No	Komponen	Nilai
1	Kadar air	5,4%
2	Protein	20,1 % b/b
3	Karbohidrat	23,5 % b/b
4	Lemak	7,5 % b/b
5	Serat kasar	20,0 % b/b

Tabel 1.3 Karakteristik Limbah Cair Industri Tahu

No	Parameter	Limbah cair tahu putih		Limbah cair tahu kuning	
		Kapasitas < 100 kg/hari	Kapasitas > 100 kg/hari	Kapasitas < 100 kg/hari	Kapasitas > 100 kg/hari
1	Jumlah limbah cair, l	150–430	1000	460–780	2.000
2	BOD, mg/l	2.800–4.300	4100	3.500–4.600	5.800
3	TSS, mg/l	615–629	> 640	716–760	> 800
4	pH	3,4–3,8	3,56	3,8–3,9	3,66
5	DO, mg/l	1,5–2,2	1,93	1,3–1,5	1,2

Ampas tahu biasanya dimanfaatkan untuk pakan ternak, pembuatan oncom, kecap, tauco, dan kerupuk. Adapun limbah padat hasil pembakaran kayu dan sekam belum diolah secara maksimal, sementara baru dimanfaatkan untuk abu gosok atau media tanam. Limbah hasil pembakaran ini dibuang di sekitar rumah sehingga mengganggu lingkungan.

Limbah cair industri tahu berasal dari proses pencucian, perendaman, penggumpalan, pencetakan, dan pencucian alat dan ruangan. Limbah cair ini mempunyai kandungan organik yang tinggi. Menurut (Salim dan Sriharti 1996), karakteristik limbah cair yang dihasilkan oleh industri kecil tahu akan tergantung pada kapasitas produksi dan warna tahu dengan komposisi seperti Tabel 1.3.

Bab 2

Profil Industri Tahu di Subang dan Sumedang



Sumber: foto koleksi Tim
Pengrajin Tahu di Subang

A. Profil Industri Tahu di Subang

Wilayah Kabupaten Subang secara geografis terletak di bagian utara Provinsi Jawa Barat dengan koordinat yaitu $107^{\circ} 31'$ – $107^{\circ} 54'$ B'T dan $6^{\circ} 11'$ – $6^{\circ} 49'$ LS. Kabupaten Subang berbatasan dengan Laut Jawa di utara, Kabupaten Indramayu di timur, Kabupaten Sumedang di tenggara, Kabupaten Bandung di selatan, dan Kabupaten Purwakarta dan Kabupaten Karawang di barat. Kabupaten Subang terbagi menjadi 30 kecamatan serta dibagi lagi menjadi 245 desa dan 8 kelurahan dengan pusat pemerintahan di Kecamatan Subang (BPS 2007).

Luas wilayah Kabupaten Subang adalah 205.176,95 hektare atau sekitar 6,34% dari luas Provinsi Jawa Barat. Jika dilihat dari topografinya dapat dibagi menjadi tiga klasifikasi daerah yaitu daerah pegunungan 20%, daerah bergelombang atau berbukit sebesar 34,85%, dan daerah dataran rendah sebesar 45,15% dari total luas wilayah Kabupaten Subang. Wilayah kecamatan yang termasuk dalam daerah pegunungan adalah Kecamatan Sagalaherang, Jalancagak, Cisolak, dan Tanjungsiang. Kecamatan yang termasuk dalam wilayah bergelombang/berbukit adalah Kecamatan Cijambe, Subang, Cibogo, Kalijati, Cipeundeuy, Purwadadi, dan Cikaum. Adapun kecamatan yang termasuk ke dalam daerah dataran rendah adalah Kecamatan Pagaden, Cipunagara, Compreng, Ciasem, Pusakanagara, Pamanukan, Legonkulon, Blanakan, Patokbeusi, dan sebagian kecil Kecamatan Cikaum serta Purwadadi. Peta wilayah Kabuapten Subang dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Potensi sentra industri kecil dan kerajinan rumah tangga di Kabupaten Subang pada tahun 2007 terbagi menjadi empat jenis in-



Sumber: <http://www.subang.go.id/index.php> (19 November 2009)

Gambar 2.1 Peta Wilayah Kabupaten Subang

dustri, yaitu industri pangan, sandang, bahan bangunan, dan kerajinan umum. Jenis industri kecil pangan unggulan, antara lain gula aren, ikan asin/pindang, oncom/tempe, tahu, kerupuk aci, rangginang/opak, aci aren/singkong, dodol nenas, dan terasi (BPS 2007).

Industri kecil tahu di Subang menurut data dari DisperindagSar Kabupaten Subang (2008) tersebar di 13 kecamatan, antara lain Kecamatan Subang, Cibogo, Pagaden, Kalijati, Jalancagak, Tanjungsiang, Cijambe, Sagalaherang, Pamanukan Blanakan, Purwadadi, Ciasem, dan Pabuaran. Jumlah industri kecil tahu yang ada di 13 kecamatan tersebut sebanyak 145 UKM dengan total kapasitas produksi 290.450 kg kedelai per bulan serta tenaga kerja yang terserap pada industri ini sebanyak 468 orang. Jumlah UKM terbanyak tersebar pada Kecamatan Subang yaitu 36 UKM dengan total kapasitas produksi 65.400 dan disusul oleh Kecamatan Pagaden dengan jumlah 30 UKM dengan total kapasitas produksi 65.850 kg. Secara lengkap sebaran industri kecil tahu di Kabupaten Subang dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Kelompok industri kecil tahu terbesar di Kabupaten Subang berdasarkan wilayah dibagi menjadi dua kecamatan, yaitu Kecamatan Subang dan Kecamatan Pagaden. Industri kecil di Kecamatan Subang terkonsentrasi di Desa Cigadung, sedangkan Kecamatan Pagaden terkonsentrasi di Desa Kamarung.

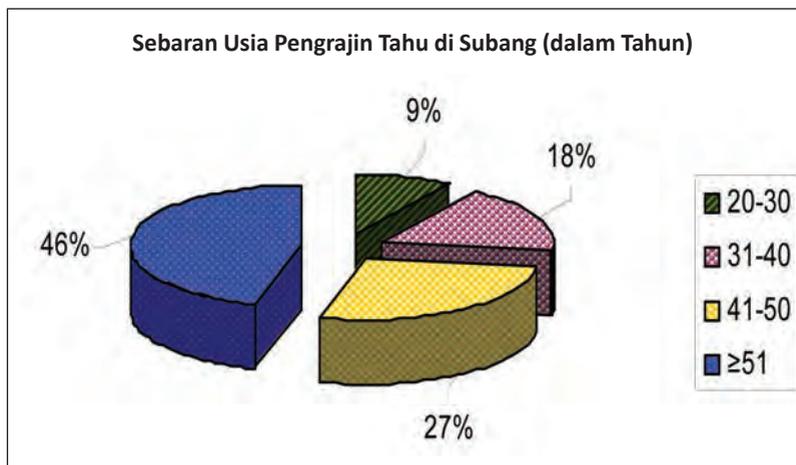
Berdasarkan hasil survei diperoleh gambaran umum dari pengrajin tahu di Subang yaitu berdasarkan kelompok usia dan tingkat pendidikan. Pada Gambar 2.2 dapat dilihat bahwa sebaran kelompok usia pengrajin tahu di Subang sebanyak 46% adalah usia lebih dari 51 tahun, sedangkan kelompok usia produktif (20–30 tahun) hanya sebesar 9%. Tingkat pendidikan pengrajin tahu di Subang (Gambar 2.3), sebagian besar (55%) tamatan SD atau SR. Pendidikan tertinggi sampai tingkat SMA hanya 27%, dan sisanya tamatan SMP.

Hasil survei mengenai gambaran dari usaha pengolahan tahu di Kabupaten Subang melingkupi lama usaha, luas areal usaha, kapasitas produksi, nama UKM, letak areal produksi, jumlah tenaga kerja, waktu produksi, dan asal pengetahuan pengrajin tahu.

Tabel 2.1 Sebaran Industri Kecil Tahu di Kabupaten Subang

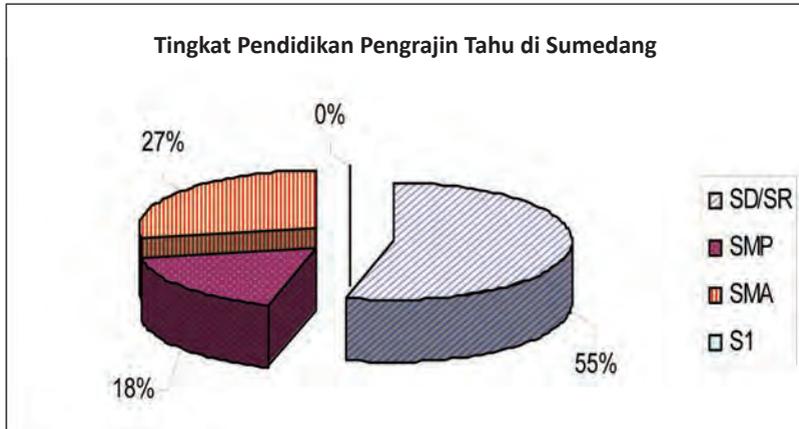
No	Kecamatan	Jumlah UKM	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas (kg kedelai/bulan)
1	Subang	36	98	65,400
2	Cibogo	2	5	2,100
3	Pagaden	30	94	65,850
4	Kalijati	6	20	12,300
5	Jalancagak	14	50	31,200
6	Tanjungsiang	6	17	9,150
7	Cijambe	1	2	600
8	Sagalaherang	6	23	12,600
9	Pamanukan	19	76	43,800
10	Blanakan	7	23	9,900
11	Purwadadi	9	34	21,750
12	Ciasem	6	19	12,000
13	Pabuaran	3	7	3,800
Total		145	468	290,450

^{*)} Sumber: Data dari DisperindagSar Subang 2008 (*data diolah*)



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.2 Sebaran Usia Pengrajin Tahu di Subang

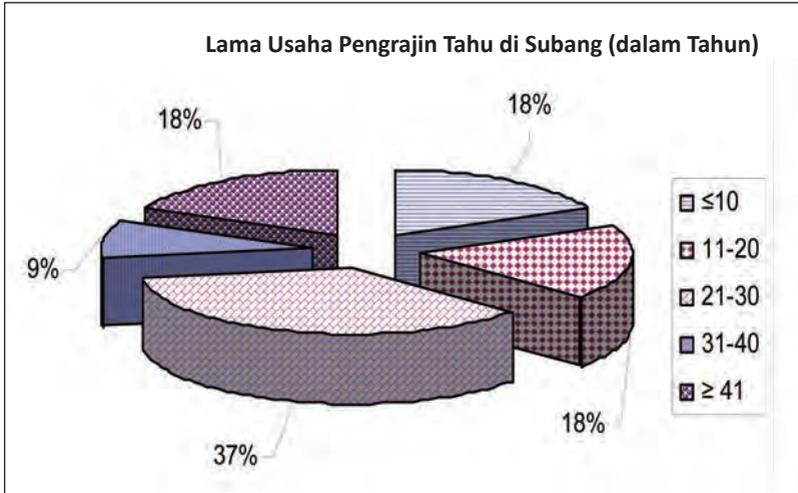


Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.3 Tingkat Pendidikan Pengrajin Tahu di Subang

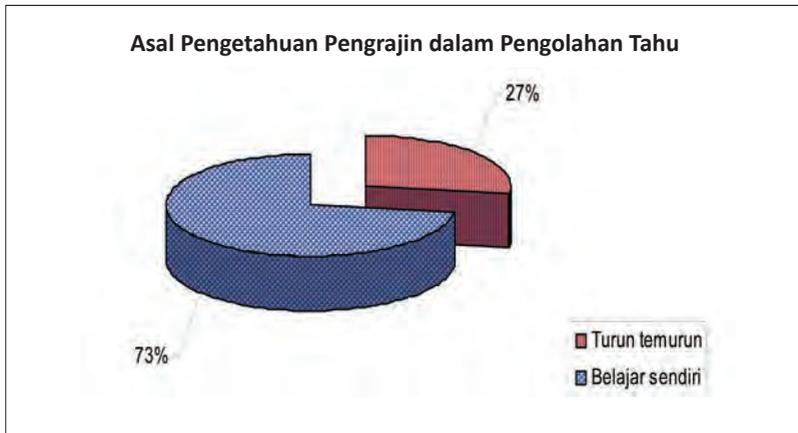
Pada Gambar 2.4 dapat dilihat bahwa lama pengrajin tahu dalam usaha pengolahan tahu sebanyak 37% sudah berusaha selama 21–30 tahun, sedangkan lama usaha kurang dari 10 tahun hanya sebesar 18%. Asal mula pengetahuan pengolahan tahu diperoleh secara otodidak (belajar sendiri) sebanyak 73% (Gambar 2.5). Pengetahuan yang didapatkan oleh pengrajin tahu biasanya berasal dari majikan sebelumnya. Setelah cukup pengetahuan dan modal kemudian mendirikan usaha pengolahan tahu sendiri. Pengrajin yang mendirikan industri kecil tahu, sebelumnya mengikuti majikan yang berasal dari daerah Sumedang.

Pada Gambar 2.6 dapat dilihat bahwa luas areal produksi pada industri kecil tahu di Subang sebagian besar (70%) memiliki luas 51–100 m², sedangkan luas areal produksi lebih dari 151 m² hanya sebanyak 10%. Letak areal produksi (Gambar 2.7) di UKM Subang dibagi menjadi dua, yaitu menyatu dengan rumah dan memiliki gedung produksi sendiri. Hasil survei diperoleh bahwa sebagian besar UKM (55%) memiliki gedung produksi sendiri dalam pengolahan tahu. Gedung produksi yang dimaksud adalah gedung produksi yang terletak di belakang rumah, tetapi tidak menyatu dengan dapur rumah tangga.



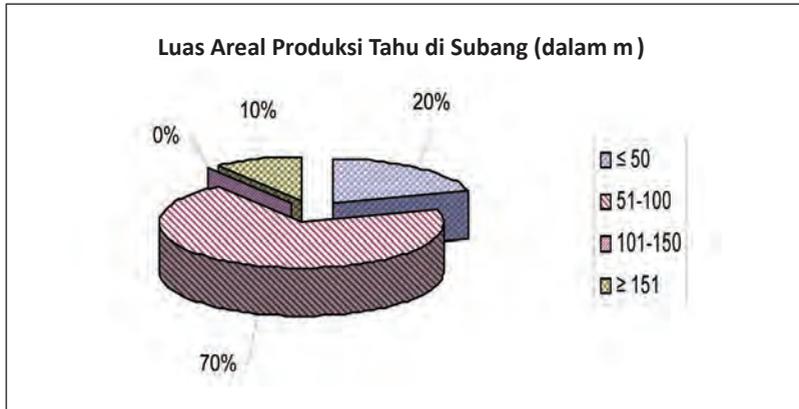
Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.4 Lama Usaha Pengrajin Tahu di Subang



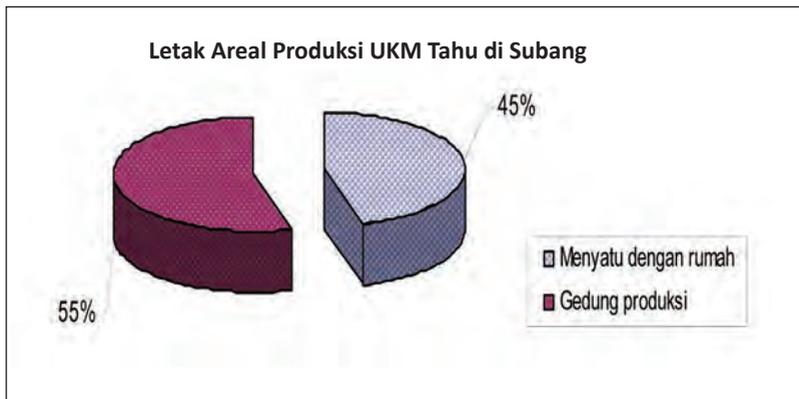
Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.5 Asal Pengetahuan Pengrajin dalam Pengolahan Tahu



Sumber: Data primer diolah 2009

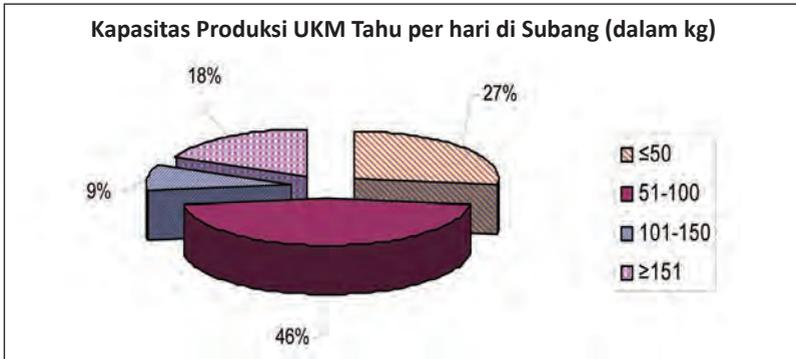
Gambar 2.6 Luas Areal Produksi UKM Tahu di Subang



Sumber: Data primer diolah 2009

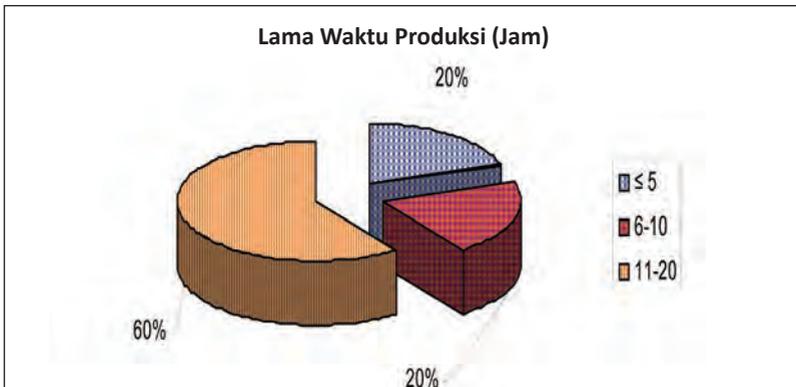
Gambar 2.7 Letak Areal Produksi UKM Tahu di Subang

Kapasitas rata-rata produksi pengolahan tahu di Subang sebesar 46% adalah 51–100 kg per hari. Adapun kapasitas produksi lebih dari 151 kg per hari hanya 18% dari jumlah UKM yang ada di Subang (Gambar 2.8). Pada Gambar 2.9 dapat dilihat bahwa rata-rata lama waktu produksi tahu di Subang adalah 11–20 jam per hari sebanyak 60%. Waktu produksi tahu pada UKM tahu di Subang biasanya dimulai pada pagi hari sampai sore hari dengan pergantian tenaga kerja berdasarkan bergiliran.



Sumber: Data primer diolah 2009

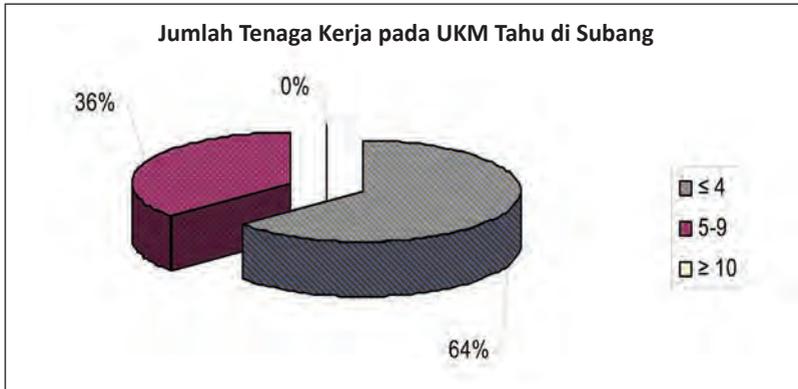
Gambar 2.8 Kapasitas Produksi UKM Tahu per Hari di Subang



Sumber: Data primer diolah 2009

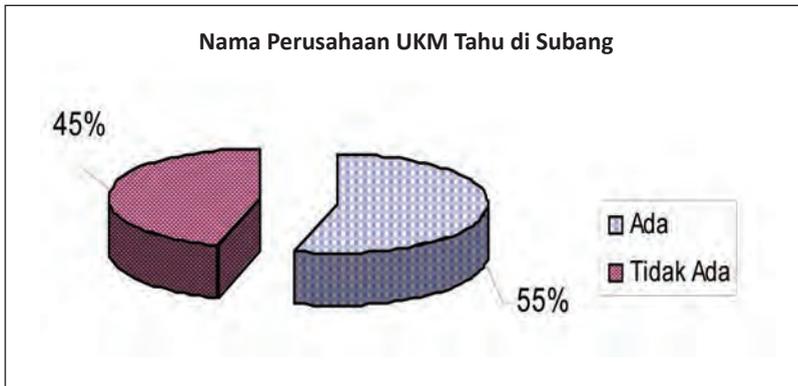
Gambar 2.9 Lama Waktu Produksi (Jam)

Pada Gambar 2.10 dapat dilihat bahwa serapan tenaga kerja pada industri kecil tahu di Subang adalah sebesar 64% adalah kurang dari empat orang. Adapun tenaga kerja pada industri tahu antara 5–9 orang sebesar 36%. Nama UKM pada suatu industri kecil sangat berpengaruh pada persaingan pasar. Pada Gambar 2.11 dapat dilihat bahwa sebesar 55% pengrajin tahu memiliki nama UKM dalam kemasan produk tahunya. Dengan demikian, nama UKM (identitas perusahaan) sudah menjadi suatu hal yang penting untuk memperkenalkan produknya ke konsumen.



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.10 Jumlah Tenaga Kerja pada UKM Tahu di Subang



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.11 Nama Perusahaan UKM Tahu di Subang

B. Profil Industri Tahu di Sumedang

Kabupaten Sumedang terbentang di bagian tengah Pulau Jawa terletak pada garis meridian 7°50' BT. 68°45'BT dan 1°43' LU. Kabupaten Sumedang memiliki batas wilayah administratif sebagai berikut, batas wilayah sebelah utara berbatasan dengan Kabupaten Indramayu, sebelah timur berbatasan dengan Kabupaten Majalengka, sebelah selatan berbatasan dengan Kabupaten Garut, dan sebelah barat berbatasan dengan Kabupaten Bandung dan Kabupaten Subang.

Luas wilayah Kabupaten Sumedang adalah 152.220 km² dibagi menjadi 26 kecamatan (Gambar 2.12). Luas kecamatan yang paling luas adalah Kecamatan Buahdua dan luas kecamatan yang paling kecil adalah Cisarua (BPS 2006).

Kondisi perkembangan potensi industri kecil dari tahun ke tahun mengalami peningkatan. Tercatat pada tahun 2005 ada sebanyak 4.328 unit usaha atau meningkat 1,16% dibandingkan tahun sebelumnya. Pertambahan jumlah industri kecil menyebabkan kebutuhan akan tenaga kerja semakin meningkat. Hal ini juga didukung oleh pemerintah Kabupaten Sumedang yang mendefinisikan industri kecil sebagai gabungan dari industri rumah tangga dan industri kecil.

Industri unggulan dari Kabupaten Sumedang ada 448 unit usaha dengan 11 sektor industri kecil unggulan, antara lain minyak kacang, tepung, makanan (tahu dan oncom), kayu, ukiran dan kusen, minyak atsiri, keramik, eternit, logam, meubel, dan lukisan. Unit usaha yang paling banyak adalah sektor industri makanan (tahu, tempe, oncom, sale, dan roti) sebanyak 189 unit usaha (BPS 2006). Peningkatan



Sumber: <http://www.sumedang.go.id> (19 November 2009)

Gambar 2.12 Peta Kabupaten Sumedang, Jawa Barat

industri unggulan memberikan dampak pada penambahan investasi sebanyak 21.484 juta dengan investasi terbesar berada di kelompok industri makanan (tahu, tempe, oncom, dan sale).

Industri unggulan di Kabupaten Sumedang menyebar di beberapa kecamatan kecuali Kecamatan Jatigede. Kecamatan yang memiliki banyak usaha industri unggulan berada di Kecamatan Sumedang Utara dengan jumlah 98 usaha dan kapasitas produksi yang mencapai 52.850.811 kg (BPS 2006).

Industri makanan merupakan salah satu industri unggulan di Kabupaten Sumedang. Salah satu industri makanan unggulan di Kabupaten Sumedang adalah industri tahu (sebagai *icon* Sumedang). Jumlah total UKM tahu di Kabupaten Sumedang adalah 232 UKM dengan total kapasitas produksi 636.630 kg kedelai per bulan. Daerah penyebaran industri tahu yang terbesar adalah di Kecamatan Sumedang Utara dan Kecamatan Sumedang Selatan dengan jumlah UKM paling banyak di Kecamatan Sumedang Utara sebanyak 53 UKM dengan total kapasitas produksi 144.760 kg kedelai per bulan dan menyerap tenaga kerja terbesar, yaitu 148 orang. Secara lengkap daerah sebaran industri kecil tahu di Kabupaten Sumedang dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Hasil survei yang dilakukan pada industri kecil tahu di Kabupaten Sumedang diperoleh bahwa sebanyak 50% rata-rata usia pengrajin tahu di Sumedang berkisar antara usia 41–50 tahun, kelompok usia lebih dari 51 tahun sebanyak 30%. Adapun usia 20–30 tahun merupakan usia pengrajin yang paling sedikit berusaha di bidang pengolahan tahu yaitu sebesar 10% (Gambar 2.13).

Pada Gambar 2.14, dapat dilihat bahwa tingkat pendidikan pengrajin tahu di Sumedang paling banyak adalah tamatan SMA sebanyak 50%, tamatan SD/SR 40% dan sisanya tamatan SMP. Tingkat pendidikan pengrajin dapat menunjukkan seberapa besar penerimaan dari pengrajin dalam pengetahuan atau teknologi baru yang berhubungan dengan pengolahan tahu.

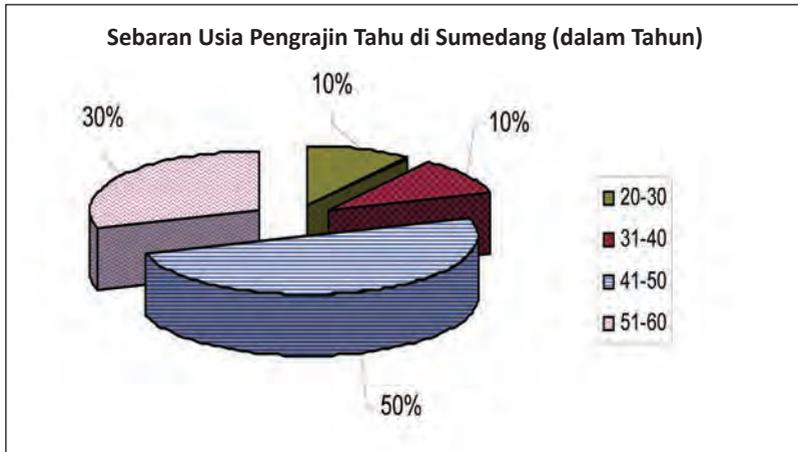
Tabel 2.2 Sebaran Industri Kecil Tahu di Kabupaten Sumedang

No	Kecamatan	Jumlah UKM	Jumlah Tenaga Kerja	Kapasitas Produksi (kg kedelai/bulan)
1	Cibugel	4	19	21,750
2	Cimalaka	9	16	12,000
3	Cimanggung	8	39	54,150
4	Cisitu	8	76	33,000
5	Conggeang	6	28	24,300
6	Darmaraja	8	12	10,500
7	Ganeas	1	2	200
8	Jatigede	7	32	4,750
9	Jatinangor	3	6	5,400
10	Jatinunggal	15	46	13,830
11	Pamulihan	10	50	47,250
12	Paseh	3	8	5,400
13	Situraja	17	30	28,800
14	Sumedang Selatan	33	131	101,000
15	Sumedang Utara	53	148	144,760
16	Tanjungkerta	5	22	13,350
17	Tanjungsari	27	95	91,890
18	Tomo	1	2	1,500
19	Ujungjaya	4	26	6,000
20	Wado	10	24	16,800
Total		232	812	636,630

Sumber: Disperindag Kabupaten Sumedang 2009 (data diolah)

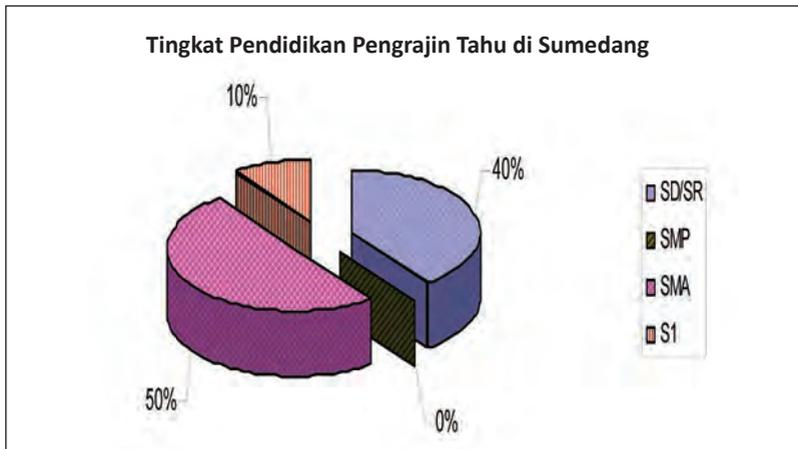
Hasil survei mengenai gambaran dari usaha pengolahan tahu di Sumedang melingkupi lama usaha, luas areal usaha, kapasitas produksi, nama UKM, letak areal produksi, jumlah tenaga kerja, waktu produksi, dan asal pengetahuan pengrajin tahu.

Pada Gambar 2.15 dapat dilihat bahwa lama pengrajin tahu dalam usaha pengolahan tahu sebanyak 50% berusaha 31–40 tahun,



Sumber: Data primer diolah 2009

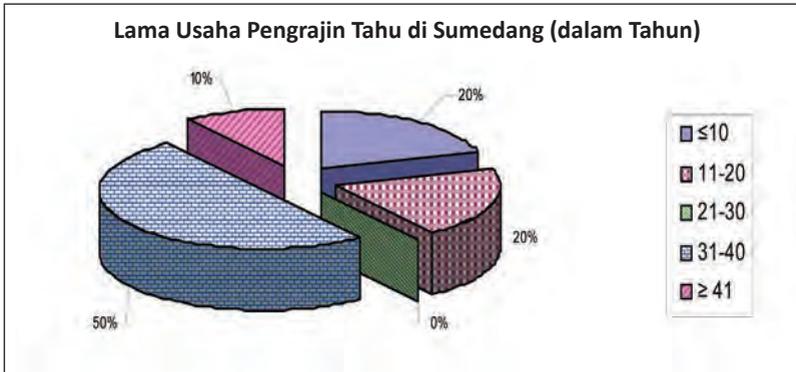
Gambar 2.13 Sebaran Usia Pengrajin Tahu di Sumedang



Sumber: Data primer diolah 2009

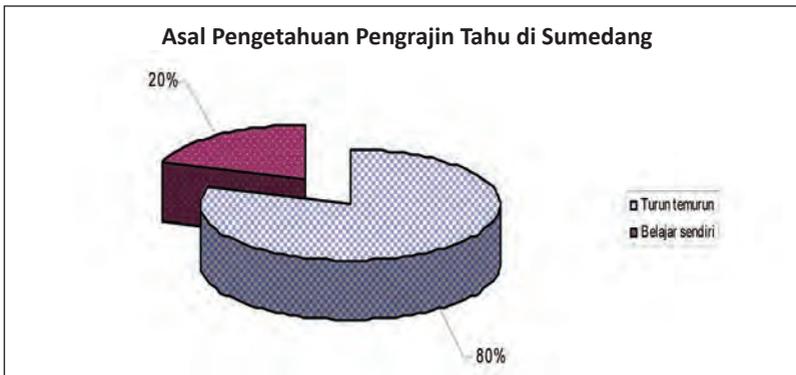
Gambar 2.14 Tingkat Pendidikan Pengrajin Tahu di Sumedang

sedangkan lama usaha kurang dari 10 tahun hanya 20%. Asal mula pengetahuan pengolahan tahu diperoleh secara turun temurun sebanyak 80% (Gambar 2.16). Pengrajin tahu di Kabupaten Sumedang sebagian besar telah lama berusaha dalam pengolahan tahu sehingga pengetahuan pengolahan tahu diturunkan pada generasi setelahnya



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.15 Lama Usaha Pengrajin Tahu di Sumedang

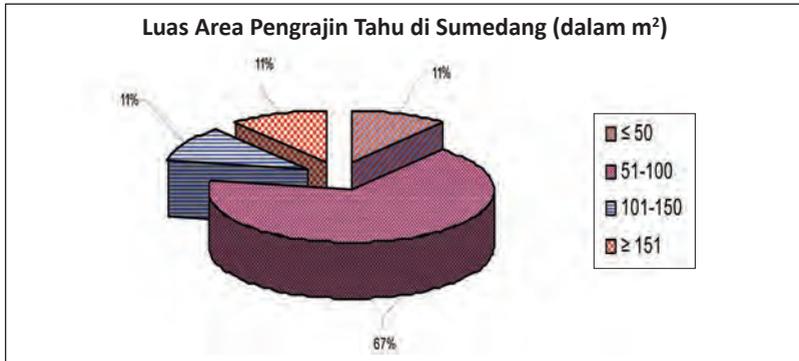


Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.16 Asal Pengetahuan Pengrajin dalam Pengolahan Tahu

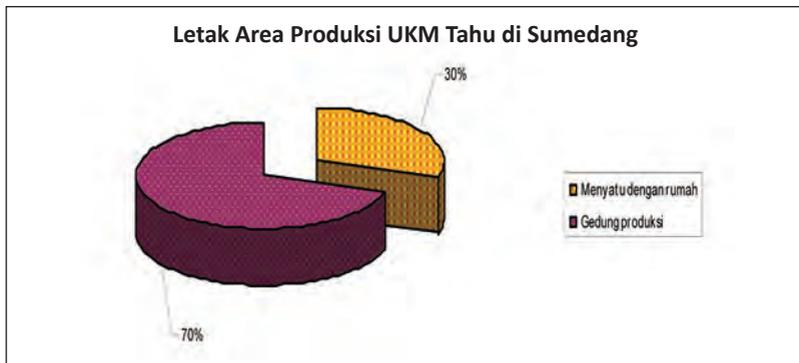
(anak atau menantu), terlihat bahwa pertumbuhan industri kecil tahu di Kabupaten Sumedang semakin banyak.

Luas areal produksi usaha pengrajin tahu di Sumedang dapat dilihat pada Gambar 2.17. Luas areal produksi rata-rata yang dimiliki oleh pengrajin pengolahan tahu di Sumedang sebesar 67% adalah seluas 51–100 m² dan areal produksi yang paling luas adalah lebih dari 151 m², sebanyak 11%. Letak areal ruang produksi pada pengrajin tahu di Sumedang dibagi menjadi dua, yaitu menyatu dengan rumah



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.17 Luas Areal Usaha Pengrajin Tahu di Sumedang

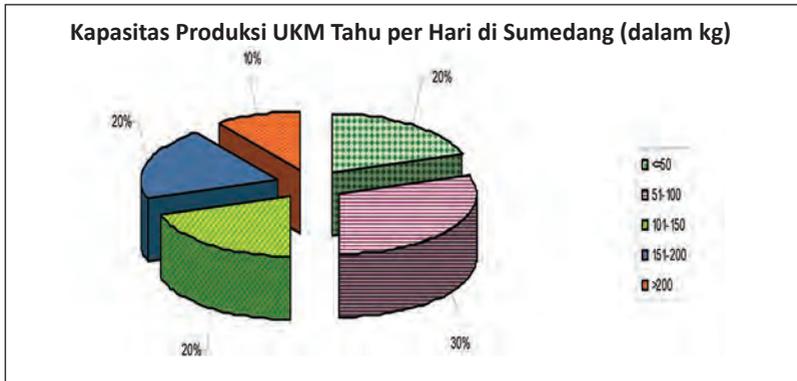


Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.18 Letak Area Produksi UKM Tahu di Sumedang

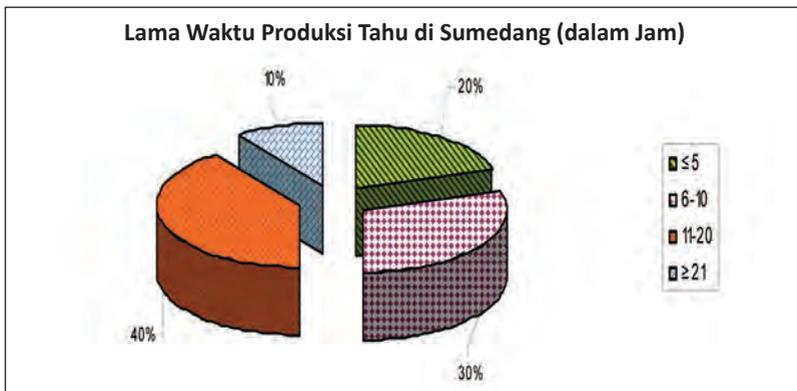
dan terpisah dengan rumah (gedung produksi). Pada Gambar 2.18 dapat dilihat bahwa rata-rata pengrajin tahu di Sumedang memiliki gedung produksi sendiri untuk usaha pengolahan tahunya, yaitu sebanyak 70%.

Kapasitas rata-rata produksi pengolahan tahu di Sumedang sebesar 30% adalah 51–100 kg per hari. Adapun kapasitas produksi lebih dari 200 kg per hari hanya 10% dari jumlah UKM yang ada di Sumedang (Gambar 2.19). Pada Gambar 2.20 dapat dilihat bahwa lama waktu produksi tahu di Sumedang paling banyak adalah 11–20



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.19 Kapasitas Produksi UKM Tahu per Hari di Sumedang

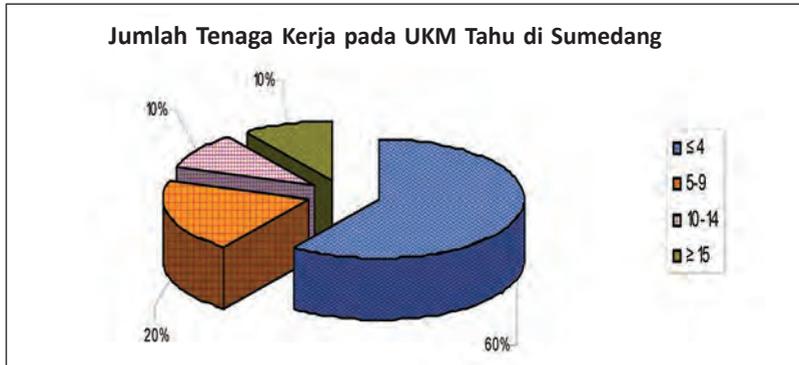


Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.20 Lama Waktu Produksi Tahu di Sumedang

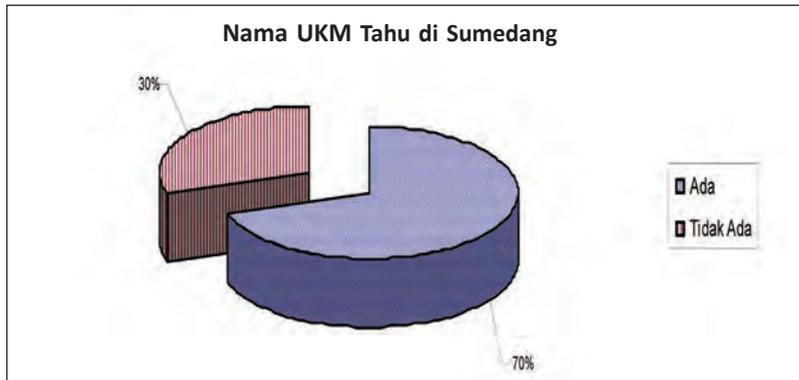
jam per hari sebanyak 40% dan waktu produksi lebih dari 21 jam hanya sebesar 10%.

Pada Gambar 2.21 dapat dilihat bahwa serapan tenaga kerja pada industri kecil tahu di Sumedang rata-rata sebesar 60% adalah kurang dari empat orang. Adapun tenaga kerja pada industri tahu yang lebih dari 15 orang adalah sebesar 10%. Nama UKM pada suatu industri kecil sangat berpengaruh pada persaingan pasar. Pada Gambar 2.22 dapat dilihat bahwa sebesar 70% pengrajin tahu memiliki nama UKM



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.21 Jumlah Tenaga Kerja pada UKM Tahu di Sumedang



Sumber: Data primer diolah 2009

Gambar 2.22 Nama UKM Tahu di Sumedang

dalam kemasan produk tahunya. Dengan demikian, nama UKM (identitas perusahaan) sudah menjadi suatu hal yang penting untuk memperkenalkan produknya ke konsumen.

Cluster industri kecil tahu di Sumedang berdasarkan banyaknya kelompok UKM yang tersebar dalam suatu wilayah. *Cluster* industri kecil tahu di Kabupaten Sumedang adalah di wilayah Sumedang Utara, yaitu sebanyak 32 UKM dengan total kapasitas produksi 5.359.254 kg. Penentuan *cluster* industri kecil tahu dalam suatu wilayah bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dan efektivitas pengelolaan

lingkungan, dan IKM dapat terlibat secara aktif, baik secara individu maupun sebagai pelaku usaha (PPBN 2006). Banyaknya pengrajin tahu dalam suatu wilayah memberikan dampak positif dan negatif. Dampak positif yang diperoleh, antara lain peningkatan pendapatan masyarakat banyak terserapnya tenaga kerja. Selain itu, dampak negatif yang dihasilkan, antara lain pencemaran air sungai, bau yang tidak sedap yang disebabkan oleh limbah cair, dan pencemaran udara yang disebabkan oleh asap pembakaran. Oleh sebab itu, identifikasi suatu *cluster* mutlak diperlukan agar dapat dibuat suatu perencanaan dalam pengaturan penanganan limbah sehingga dapat meminimalkan limbah yang mencemari lingkungan.

Gambaran umum industri kecil tahu (IKM) di Kabupaten Subang dan Sumedang berdasarkan hasil survei dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Data Gambaran Umum Industri Kecil Tahu di Kabupaten Subang dan Sumedang

No.	Kriteria	Hasil survei	
		Subang	Sumedang
1	Usia	>51th	41–50
2	Tk Pendidikan	SD/SR	SMA
3	Lama Usaha	21–30 th	31–40 th
4	Asal Pengetahuan	Belajar sendiri	Turun-temurun
5	Luas Areal Produksi	51–100	51–100 m ²
6	Letak Areal Produksi	Gudang produksi	Gudang produksi
7	Kapasitas	51–100 kg	51–100 kg
8	Lama Produksi	11–20 jam per hari	11–20 jam per hari
9	Tenaga Kerja	<4 orang	<4 orang
10	Nama UKM	Punya Nama UKM	Punya Nama UKM

Bab 3

Pengalaman Produksi Bersih (di Semarang dan Sleman)



Sumber: foto koleksi Tim

Ruang Produksi di UKM Tegal

Suatu industri melakukan proses pengolahan *input* (masukan) menjadi *output* (hasil). *Output* terdiri atas produk, *by product* (hasil samping), dan limbah. Limbah merupakan satu hal penting karena membutuhkan penanganan khusus dan banyak kaidah yang mengatur tata cara pembuangan akhir limbah agar tidak menimbulkan pencemaran dan kerusakan lingkungan. Strategi penanganan limbah telah mengalami pergeseran dari *end-of pipe treatment* menjadi *front-of process* yang bersifat preventif dan proaktif. Strategi pengolahan preventif dikenal dengan *cleaner production concept* (konsep produksi bersih).

Produksi bersih adalah suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan untuk mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan (Bapedal 1996). Prinsip produksi bersih, antara lain:

- 1) prinsip kehati-hatian (*precautionary*): tanggung jawab yang utuh dari produsen agar tidak menimbulkan dampak yang merugikan sekecil apapun,
- 2) prinsip pencegahan (*preventive*): penting untuk memahami siklus hidup produk (*product life cycle*) dari pemilihan bahan baku sampai terbentuk produk,
- 3) prinsip demokrasi: komitmen dan keterlibatan semua pihak dalam rantai produsen dan konsumen,
- 4) prinsip *holistic*: pentingnya keterpaduan dalam pemanfaatan sumberdaya lingkungan dan konsumsi sebagai satu daur yang tidak dapat dipisahkan (Noor 2006).

A. Penerapan Produksi Bersih di KSM Mandiri Lestari Semarang (Sebagai Tolok Ukur Penerapan Produksi Bersih)

Kelompok swadaya masyarakat (KSM) Mandiri Lestari merupakan kelompok pengrajin tahu yang ada di Kelurahan Jomblang dan Lemper Tengah Kota Semarang. Kedua kelurahan tersebut merupakan sentra pengrajin tahu dan tempe sejak tahun 1970. Dampak menurunnya kualitas lingkungan mulai dikeluhkan masyarakat sejak tahun 1990-an. Menindaklanjuti hal tersebut Pemerintah Kota Semarang bekerja sama dengan LSM setempat melakukan kegiatan pembangunan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) Terpadu, pendidikan lingkungan untuk warga sekitar dan penerapan produksi bersih dengan dukungan dari pemerintah Jepang khususnya pembangunan IPAL Terpadu.

1. Produksi Bersih pada Pengolahan Tahu

Adapun penerapan produksi bersih pada KSM Mandiri Lestari dibagi menjadi tiga hal, yaitu implementasi pada *input*, proses, dan *output*.

a. Implementasi pada *Input*

Input atau masukan pada pengolahan tahu adalah kedelai, air, dan bahan penggumpal. Pemilihan bahan baku khususnya kedelai merupakan tahap awal proses. Kedelai yang dipilih adalah kedelai impor dari USA dengan alasan lebih bersih, kadar air lebih rendah (kedelai impor 8,71% dan lokal 10,02%), selalu tersedia di pasar, komposisi nilai gizi relatif sama dengan kedelai impor. Selain itu, kedelai yang dipilih adalah kedelai yang baru karena jika terlalu lama disimpan di gudang akan menghasilkan tahu dengan kualitas yang kurang baik.

Langkah kedua adalah penyimpanan bahan baku kedelai. Hal-hal yang dilakukan dalam penyimpanan kedelai, yaitu 1) tempat penyimpanan terpisah dari ruang proses produksi; 2) tidak dicampur dengan bahan berbahaya, seperti solar dan minyak tanah; 3) bagian bawah tumpukan diberi palet untuk sirkulasi udara agar tidak lembap dan kedelai busuk; 4) pengecekan tingkat kebasahan kedelai sebelum disimpan khususnya untuk kedelai lokal. Jika dalam keadaan agak basah maka digunakan (diproses) terlebih dahulu.

Pemilihan bahan tambahan yaitu penggumpal. Pada mulanya bahan penggumpal yang dipakai adalah sioko/batu tahu (CaSO_4), selanjutnya diganti dengan jantu/kecutan. Jantu/kecutan berasal dari sisa cairan penggumpalan sari kedelai yang didiamkan selama satu malam.

Bahan baku utama selain kedelai adalah air. Air yang digunakan harus air bersih dan sesuai syarat mutu air untuk konsumsi yang telah ditetapkan oleh pemerintah. KSM Mandiri Lestari menggunakan air sumur sebagai air proses karena berdasarkan analisis telah memenuhi syarat maksimum air bersih Kep.415.MENKES/Per/IX/90. Efisiensi penggunaan air merupakan salah satu penerapan produksi bersih

yang dilakukan dengan menggunakan keran air untuk mengontrol penggunaan air secukupnya pada tiap proses dan penggunaan kembali air bekas pencucian untuk perendaman.

Bahan *input* lain adalah energi. Mengingat sulitnya minyak tanah dan mahalnya gas LPG, efisiensi energi dilakukan dengan membeli sisa potongan kayu dan serbuk gergaji dari pengrajin mebel atau kayu bakar.

b. Implementasi pada Proses

Langkah-langkah yang dilakukan KSM Mandiri Lestari dalam efisiensi proses:

1) Perendaman kedelai

Perendaman dilakukan dalam tong plastik, di mana untuk 1 kuintal kedelai direndam dalam 8 tong. Selisih tinggi air dan kedelai adalah 10 cm. Jumlah air yang dibutuhkan untuk merendam 1 kuintal kedelai adalah 157 liter. Kotoran kedelai akan berada di bagian atas dan mudah diambil sebagai limbah padat.

2) Pencucian kedelai

Alat yang digunakan untuk pencucian kedelai adalah 2 ember besar yang berisi air pencucian. Kedelai ditempatkan pada penampi, lalu dimasukkan dalam ember pertama untuk dicuci sambil diremas-remas. Kotoran kedelai dan air sisa pencucian dibuang. Selanjutnya, kedelai dimasukkan pada ember kedua untuk dicuci. Sisa air pencucian digunakan kembali untuk proses perendaman berikutnya.

3) Penggilingan kedelai

Penggilingan kedelai menghasilkan bubur kedelai. Alat yang digunakan adalah penggiling mekanik yang digerakkan oleh motor bakar (kecil) dengan bahan bakar solar. Penggunaan alat *disc mill*, proses penggilingan menjadi lebih cepat/efisien. Untuk 100 kuintal kedelai membutuhkan 5 liter solar.

4) Perebusan atau pemasakan bubur kedelai

Pemasakan bubur kedelai ada dua sistem, yaitu menggunakan sistem terbuka dan tertutup. Sistem terbuka identik dengan cara tradisional menggunakan tungku, di mana pemanasan dilakukan secara langsung. Dengan cara ini banyak panas terbuang dan penggunaan bahan bakar tidak terkontrol. Adapun sistem tertutup adalah pemasakan dengan menggunakan *steam* atau uap yang dihasilkan dari ketel uap. KSM Mandiri Lestari memilih pemasakan bubur kedelai dengan sistem tertutup atau dengan ketel uap dengan alasan hemat energi, higienis, kualitas tahu lebih baik, efisiensi waktu, dan minimalisasi limbah cair. Efisiensi waktu yang dicapai adalah untuk merebus 13 kg bahan kedelai membutuhkan waktu 8 menit dengan ketel uap dan 30 menit untuk pemasakan terbuka.

5) Penyaringan bubur kedelai

Penyaringan bubur kedelai masak dilakukan dengan kain belacu dengan keempat sisi kain dikaitkan pada besi berpalang. Dengan cara ini dibutuhkan satu orang operator dengan teknik pengoperasian lebih mudah (energi yang relatif lebih ringan), proses ekstraksi lebih sempurna, dan dapat meminimalkan penggunaan air.

6) Penggumpalan sari kedelai

Penggumpalan sari kedelai dilakukan dengan menambahkan kecutan/biang dengan cara sedikit demi sedikit sambil diaduk perlahan-lahan agar gumpalan protein yang terbentuk tidak pecah. pH proses penggumpalan dijaga pada kondisi 4–5.

7) Pencetakan tahu

Pencetakan dilakukan dengan menuangkan gumpalan sari kedelai ke dalam cetakan kayu yang diberi alas kain dan diisi sampai penuh. Selanjutnya, kain ditutupkan ke seluruh gumpalan dan dipres. Alat pengepres seberat 5–10 kg.

8). Pematangan tahu

Jika tahu sudah dingin, kemudian dipotong-potong sesuai pesanan konsumen.

c. Implementasi pada *Output*

1) Produk tahu KSM Mandiri Lestari

Terdapat dua macam, yaitu tahu putih dan tahu goreng. Tahu putih dimasukkan dalam tong-tong berisi air untuk menjaga agar tahu tidak rusak.

2) Penanganan limbah padat

Limbah padat pengolahan tahu adalah kotoran hasil perendaman kedelai dan ampas tahu dari penyaringan bubur kedelai. Limbah padat hasil perendaman berupa tanah, kerikil, dan potongan-potongan tangkai atau daun dibuang ke tempat sampah rumah tangga. Kedelai rusak dimanfaatkan untuk pakan ternak. Adapun ampas tahu digunakan sebagai bahan pembuatan oncom atau tempe gembus dan sebagian untuk pakan ternak.

3) Penanganan limbah cair

Limbah cair berasal dari proses perendaman dan pencucian (limbah cair encer), sedangkan dari penggumpalan dan pencetakan (limbah cair pekat). Selain itu, pencucian alat dan ruang proses juga menjadi sumber limbah cair pekat. Kedua jenis limbah dipisahkan saluran pembuangannya. Limbah cair encer dibuang secara langsung ke sungai. Limbah cair pekat masuk ke IPAL. Sistem IPAL yang dibangun adalah *anaerobic baffled methane fermentation tank* (ABMFT) dengan efisiensi 95–99%. Kualitas *effluent* air limbah dari sistem tersebut telah memenuhi baku mutu air limbah (Perda Provinsi Jawa Tengah No.10 Tahun 2004).

4) Penanganan emisi

Emisi gas buang dari tungku pembakaran kayu untuk pemanasan ketel uap mengandung NO₂, SO₂, CO, CO₂, dan partikel debu. Konsentrasi gas buang diperkirakan masih kecil karena kapasitas ketel uap relatif rendah yaitu ± 200–500 liter. Untuk mengantisipasi partikel debu sisa pembakaran, KSM Mandiri Lestari memasang *dust collector* sistem kering pada cerobong asap ketel sebelum gas buang diemisikan ke udara bebas.

2. Neraca Massa Proses Produksi Tahu di KSM Mandiri Lestari

Penerapan konsep produksi bersih yang dilakukan oleh pengrajin tahu KSM Mandiri Lestari menghasilkan data neraca massa proses pengolahan tahu, seperti disajikan pada Tabel 3.1.

Efisiensi dihitung dengan rumus: $\text{output} \text{ dibagi } \text{input} \text{ dikali } 100\%$. *Output* pada suatu tahap adalah bahan yang keluar dari satu tahapan proses dan akan digunakan sebagai *input* proses tahapan berikutnya. Adapun *input* suatu tahap adalah jumlah bahan yang diproses pada tahap tersebut. Sebagai contoh: pada proses perendaman bahan keluar (*output*) adalah kedelai basah seberat 13,7 kg, sedangkan *input*-nya adalah kedelai dan air sejumlah 4322 kg sehingga efisiensi adalah $(13,7/43,2) \times 100\% = 31,71\%$. Pada proses penggilingan, berdasarkan hasil penimbangan bahwa berat bubur kedelai hasil penggilingan sama dengan jumlah kedelai basah dan air yang ditambahkan

Tabel 3.1 Neraca Massa Proses Pengolahan Tahu KSM Mandiri Lestari

Proses	Bahan Masuk (kg)			Bahan Keluar (kg)			Efisiensi (%)
	Kedelai & produknya	Air	Jumlah	Kedelai & produknya	Limbah	Jumlah	
Perendaman	10,0	33,2	43,2	13,7	29,5	43,2	31,71
Pencucian	13,7	17,5	31,2	13,7	17,5	31,2	43,91
Penggilingan	13,7	40,0	53,7	53,7	0,0	53,7	100
Pemasakan bubur kedelai	53,7	20,0	73,7	73,7	0,0	73,7	100
Penyaringan	73,7	68,0	141,7	124,2	17,5	141,7	87,65
Penggumpalan	124,2	35,0	159,2	159,2	0,0	159,2	100
Pencetakan & Pengepresan	159,2	0,0	159,2	74,2	85,0	159,2	46,61
Total	448	213,7	661,9	512,4	149,5	661,9	77,41

sehingga hasil perhitungan efisiensi menunjukkan 100%. Prinsip perhitungan ini juga digunakan untuk menghitung efisiensi pada tabel-tabel berikutnya.

Berdasarkan neraca massa total bahan selama proses, diperoleh data bahwa untuk setiap 10 kg kedelai diperlukan air proses sebanyak 213,7 liter (setara dengan 213,7 kg) yang terdiri atas air tanah 178 liter dan air biang (kecutan) sebanyak 35 liter. Produk tahu yang diperoleh tiap 10 kg kedelai sebanyak 74,2 kg tahu dengan limbah encer berupa air buangan sebanyak 47 liter, limbah cair pekat (air hasil pengepresan) sebanyak 50 liter, air biang (kecutan) yang dimanfaatkan sebanyak 35 liter, dan ampas kedelai sebanyak 17,5 kg.

Berdasarkan Tabel 3.1 dapat dilihat bahwa *yield* atau rendemen produk utama (tahu) sebesar 11,2%, limbah padat 2,64% dan limbah cair 14,65%. Efisiensi proses merupakan hasil perbandingan antara keluaran (*output*) dan masukan (*input*). Efisiensi proses tertinggi pada proses penggilingan, pemasakan, dan penggumpalan. Proses penggilingan akan lebih optimum bila ditunjang oleh penggunaan alat, pembilasan alat sesudah proses, di mana air bilasan ditambahkan pada pemasakan kedelai sehingga tidak ada bahan yang terbuang atau tertinggal pada alat. Pemasakan dengan sistem uap dan tertutup menghasilkan efisiensi yang optimum. Sistem uap meminimalkan panas terbuang dan mengurangi penambahan air. Efisiensi maksimum yang dicapai pada penggumpalan karena pemanfaatan kembali air kecutan/biang sehingga tidak ada limbah yang terbuang. Efisiensi total proses pengolahan tahu KSM Mandiri Lestari mencapai 77,41%.

B. Penerapan Produksi Bersih di UKM Tahu KAGUMA-Sayegan Sleman (Sebagai Tolok Ukur Penerapan Produksi Bersih)

Pengolahan tahu umumnya dilakukan dalam skala mikro atau rumah tangga yang sebagian besar belum memperhatikan penanganan limbah. Limbah yang dihasilkan dalam proses pengolahan tahu berupa

limbah padat, yaitu ampas tahu dan limbah cair berupa air sisa pengumpulan (air kecutan). Pengrajin tahu biasanya berkelompok dalam lokasi tertentu sehingga limbah cair terakumulasi dan berdampak terhadap lingkungan sekitar pengrajin tahu.

Telah dilakukan pengkajian terhadap pengrajin tahu di Desa Margo Agung, Kecamatan Sayegan, Kabupaten Sleman, yang berjumlah 40 dalam satu desa, dengan lokasi yang berdekatan. Dampak lingkungan cukup dirasakan oleh masyarakat sekitar, seperti bau yang tidak sedap dan berpotensi terhadap penurunan kualitas kesehatan manusia dan lingkungan. Selain itu, pengrajin tahu umumnya kurang memperhatikan tata letak peralatan proses, kebersihan, dan higienitas ruang produksi. Berdasarkan kondisi tersebut maka konsep produksi bersih dapat diterapkan untuk mengatasi permasalahan yang diakibatkan oleh proses pengolahan tahu. Tujuan penerapan produksi bersih pada industri tahu adalah untuk mencapai efisiensi produksi melalui upaya penghematan penggunaan bahan baku dan energi dan untuk memperbaiki kualitas lingkungan melalui upaya minimalisasi limbah dengan langkah-langkah yang lebih mengarah kepada tindakan pencegahan (PPBN 2006).

Pemerintah daerah Kabupaten Sleman bekerja sama dengan Kementerian Negara Lingkungan Hidup dan ProLH GTZ melaksanakan program penerapan pengolahan lingkungan hidup terpadu, yang memadukan pendekatan preventif dengan pengenalan produksi bersih untuk industri tahu, dan pendekatan kuratif melalui pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) terpadu melalui pendirian rumah produksi bersama, bernama "KAGUMA" pada tahun 2006. Rumah produksi ini merupakan bangunan atau instalasi pembuatan tahu secara terpadu, mulai dari proses pemilahan kedelai, perendaman, penggilingan, sampai dengan produksi tahu yang siap untuk dijual ke pasar. Kapasitas terpasang rumah produksi bersama adalah 400 kg/hari. Kelompok usaha tahu terbentuk pertama kali pada tahun 2006 dengan jumlah anggota kelompok usaha ini pada saat berdiri 40 orang dan pada perkembangannya menjadi 80 orang

dengan kapasitas produksi rata-rata di *cluster* tersebut berkisar antara 15–70 kg per hari (DisperindagKop, Kabupaten Sleman Yogyakarta 2008).

Pada umumnya terdapat tiga komponen utama dalam proses produksi yang saling berhubungan, yaitu masukan, proses, dan keluaran. Masukan dalam proses pembuatan tahu adalah bahan baku berupa kedelai, air, dan zat penggumpal protein serta bahan bakar untuk pemasakan. Tahapan proses produksi tahu pada umumnya terdiri atas penyortiran, perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan/pemasakan, penyaringan, penggumpalan, dan pencetakan/pengepresan.

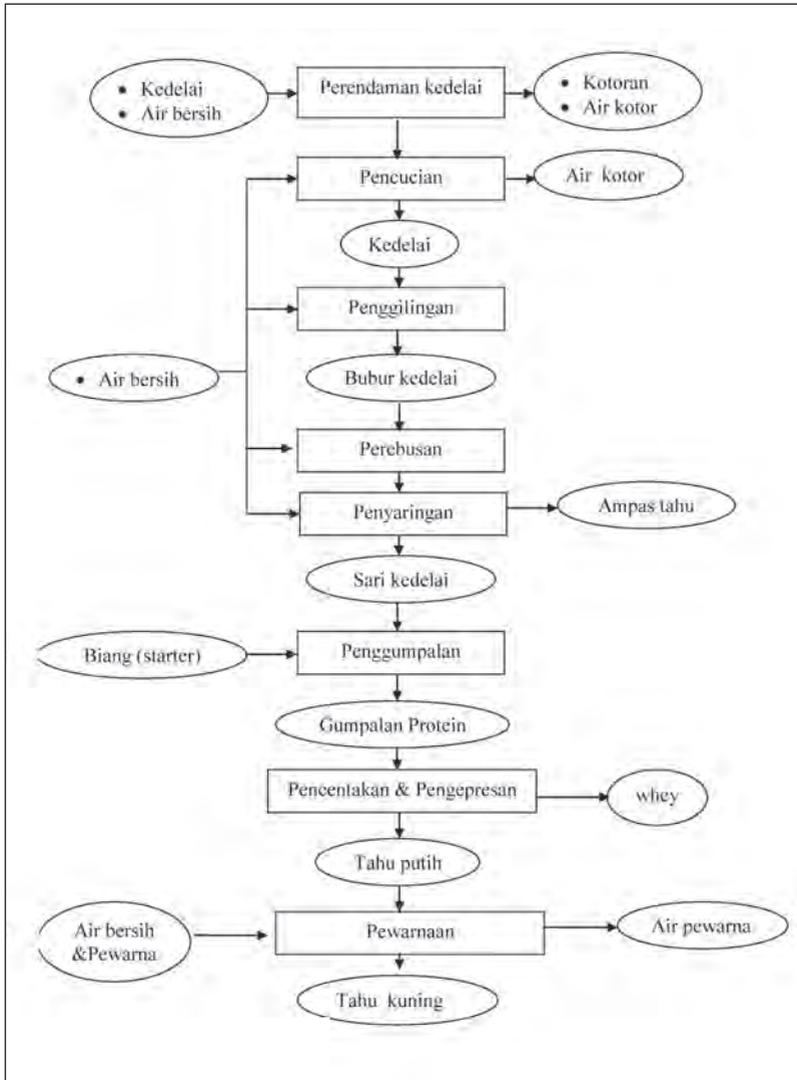
Penerapan konsep produksi bersih dimulai dari pemilihan bahan baku kedelai. Kedelai yang digunakan diusahakan kedelai yang berkualitas, yaitu kedelai yang kering, bulat utuh, dan bersih dari kotoran. Umumnya kedelai yang digunakan oleh anggota KAGUMA adalah kedelai impor. Bahan baku yang lain adalah air proses yang merupakan komponen terbesar dalam pengolahan tahu sehingga perlu pemakaian yang seefisien mungkin untuk meminimalkan limbahnya. Air yang digunakan dalam proses berupa air tanah dengan pH terukur 6 dan suhu 27°C. Air tersebut ditampung terlebih dahulu dalam bak penampungan untuk memastikan kebersihannya. Tahapan produksi pada industri kecil tahu KAGUMA dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Setiap tahapan proses yang dijalankan pada penerapan produksi bersih di industri tahu tentunya tidak terlepas dari mesin dan peralatan yang digunakan. Mesin dan peralatan produksi mutlak diperlukan dalam proses produksi guna menunjang kelancaran produksi. Mesin dan peralatan yang digunakan pada IKM tahu KAGUMA dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Walaupun IKM tahu KAGUMA mempunyai *vibratory screen* yang didesain untuk melakukan sortasi, namun tahap sortasi kedelai sebelum perendaman tidak dilakukan karena kedelai yang digunakan adalah kedelai impor yang tingkat kebersihannya relatif lebih tinggi

Tabel 3.2 Mesin dan Peralatan Produksi Tahu pada UKM Tahu KAGUMA

PROSES	ALAT/MESIN	SPESIFIKASI
Perendaman	Ember plastik	Diameter 50 cm kapasitas 10 kg
Pencucian	Ember plastik Saringan plastik	$\varnothing = 20$ cm, t = 20 cm
Penggilingan	<i>Disc Mill</i>	P=6 HP, $\varnothing = 8'$, rpm = 1400
Pemasakan	Ketel Uap Pipa Api berbahan bakar limbah kayu	$\varnothing = 110$ cm, t = 120 cm, dilengkapi pres- sure gauge, pengaman otomatis, dan selang indikator air Beton silinder dengan lapisan <i>stainless steel</i> di permukaan dalamnya, dilengkapi pipa saluran uap didasar bak, ketebalan = 13 cm, $\varnothing = 110$ cm, t = 120
	Bak pemasakan	
Penyaringan	Kain saring dengan gantung- an pipa besi menyilang	Kain sifan, 120 x 120 cm, panjang pipa besi 80 cm, $\varnothing = \frac{3}{4}$ inci Beton silinder dengan lapisan <i>stainless steel</i> di permukaan dalamnya, ketebalan = 13 cm, $\varnothing = 110$ cm, t = 120
	Bak penyaringan	
Penggumpalan	Bak penggum- palan	Beton silinder dengan lapisan <i>stainless steel</i> di permukaan dalamnya, ketebalan = 13 cm, $\varnothing = 110$ cm, t = 120
	Bak penampung- an <i>whay</i>	Ukuran 80 x 50 x 50 cm, tembok bata tebal 15 cm dilengkapi kran
Pencetakan dan Pengepresan	Pencetak tahu	Ukuran 50 x 50 x 10 cm, ketebalan kayu 2 cm. Bahan konstruksi: kayu dilengkapi dengan lubang-lubang pembuangan air
	Rak pencetak tahu	Rak Tatakan Pencetakan tahu, berupa tembok ukuran 260 x 60 x 50 cm
	Pemberat	Bobot = 5 kg
	Kain saring	Kain blacu/mori
Pemotongan	Pisau	Pisau dapur <i>stainless steel</i>
	Rak pemotongan tahu	Rangka besi berbentuk balok ukuran 260 x 60 x 50 cm
	Penggaris	
Pewarnaan	Bak pewarnaan	Beton berbentuk silinder dengan ketebalan 13 cm dilengkapi pipa saluran uap didasar bak saluran $\varnothing = 70$ cm, t = 70 cm



Gambar 3.1 Diagram Alir Proses Produksi Tahu di Rumah Produksi KAGUMA

dibanding kedelai lokal. Pemilihan bahan baku yang berkualitas menurut PPBN (2006) merupakan salah satu peluang untuk melaksanakan produksi bersih pada industri tahu. Bahan baku yang berkualitas ini berdampak pada efisiensi penggunaan air saat pencucian.

Pengukuran kondisi proses produksi di rumah produksi KAGUMA dilakukan dengan mengikuti tiga *batch* proses produksi, yaitu *batch* pertama sebanyak 10 kg kedelai, *batch* kedua sebanyak 12 kg kedelai, dan *batch* ketiga sebanyak 10 kg kedelai. Kondisi proses pembuatan tahu tersebut disajikan pada Tabel 3.3.

Proses perendaman kedelai dilakukan selama 3–4 jam sampai kedelai mengembang dengan tinggi air untuk merendam 3–5 cm di atas permukaan kedelai. Perendaman dilakukan menggunakan ember plastik berkapasitas 20 liter air. Desain awal UKM tahu KAGUMA tahapan perendaman dilakukan dalam bak-bak tembok yang dilengkapi dengan keran air. Namun, pada tahap pelaksanaan produksi

Tabel 3.3 Kondisi Proses Produk Tahu di UKM Tahu KAGUMA

Proses	Batch ke-1			Batch ke-2			Batch ke-3		
	Suhu (°C)	pH	Waktu (menit)	Suhu (°C)	pH	Waktu (menit)	Suhu (°C)	pH	Waktu, (menit)
Perendaman	28	6,0	240	29	5,7	180	28	5,8	240
Pencucian	-	-	2	-	-	2	-	-	2
Penggilingan	33	5,5	13	35	5,4	20	34	5,5	10
Pemasakan bubur kedelai	95	6,9	18	96	7,0	22	95	6,9	15
Penyaringan	80	6,6	10	85	6,6	12	82	6,6	9
Penggum-palan	57	5,5	9	58	5,5	10	56	5,7	10
Pencetakan & Pengepresan	50	5,2	24	52	5,1	28	51	5,2	20
Pewarnaan & pemasakan tahu	90	-	25	95	-	27	95	-	20

tahu bak-bak tembok perendaman ini tidak digunakan oleh pekerja karena penggunaan ember plastik lebih memudahkan pekerja untuk memindahkan kedelai pada tahap proses selanjutnya. Perendaman kedelai ini dimaksudkan untuk melunakkan tekstur selulernya sehingga mudah digiling dan memberikan dispersi dan suspensi bahan padat kedelai yang lebih baik pada waktu ekstraksi dengan air. Lamanya perendaman sesuai dengan hasil penelitian Suhaidi (2003), bahwa untuk mencegah menurunnya aroma dan tekstur tahu perendaman dilakukan maksimal empat jam. Kedelai hasil rendaman selanjutnya ditiriskan dan dicuci dengan menyiramkan air secara langsung. Pencucian dilakukan menggunakan saringan plastik. Untuk mengefisienkan pemakaian air semestinya air buangan pencucian dapat ditampung kembali untuk digunakan pada proses perendaman.

Penggilingan kedelai dilakukan dengan mesin penggiling batu (*disc mill*) menggunakan bahan bakar solar, kemudian air ditambahkan melalui keran yang mengalir di atas *hopper* (pengumpulan kedelai) (Gambar 3.2). Daya yang digunakan untuk menggerakkan *disc mill* adalah 6 HP. Daya ini seharusnya telah disesuaikan dengan kapasitas produksi tahu pada IKM tahu KAGUMA, yaitu 400 kg kedelai/hari. Penggilingan dimaksudkan untuk memperkecil ukuran butiran kedelai sehingga memperbesar luas permukaan partikel kedelai. Akibatnya, proses ekstraksi protein semakin maksimal. Menurut Maryam, (2007) suhu optimum untuk penggilingan adalah 80°C, namun pada rumah produksi ini air yang digunakan adalah air pada suhu kamar dengan alasan kemudahan operasional.

Proses pemasakan/perebusan bubur kedelai dan tahu menggunakan pemanas sistem uap yang dihasilkan dari ketel uap dan dialirkan melalui pipa-pipa ke tangki perebus. Ketel uap yang digunakan adalah ketel uap pipa api, pipa api ini sekaligus berfungsi sebagai cerobong asap. Selain itu, ketel uap dilengkapi dengan manometer pengukur tekanan, pengaman (pengatur tekanan otomatis), dan indikator air berupa pipa gelas (Gambar 3.3). Bahan bakar yang digunakan adalah kayu dan limbah kayu (Jawa: kawul). Penggunaan ketel uap sendiri



Gambar 3.2 *Disc Mill* pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman



Gambar 3.3 Ketel Uap pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman

dimaksudkan untuk menghemat bahan bakar dan meminimalkan limbah yang dihasilkan serta menghasilkan tahu yang tidak berbau asap.

Bak perebusan pada proses pemasakan berupa silinder beton dengan diameter 110 cm, ketinggian 120 cm, dan ketebalan 13 cm. Pada bagian dinding sebelah dalam dari silinder beton dilapisi dengan plat *stainless steel* untuk mengoptimalkan penggunaan panas dan tidak mencemari bubur yang dimasak (Gambar 3.4).

Sebelum bubur kedelai dimasukkan ke bak perebus, air proses (± 25 l air tiap 10 kg kedelai) dipanaskan terlebih dahulu sampai suhu sekitar 80–85°C. Suhu pada proses pemasakan dengan menggunakan uap pada kisaran 95–96°C. Pemasakan bubur kedelai dianggap selesai apabila bubur sudah naik mencapai tangki bagian atas minimal dua kali. Umumnya pemasakan bubur kedelai bila menggunakan bahan bakar kayu dan sekam membutuhkan waktu ± 30 menit. Adapun bila menggunakan uap, waktu pemasakan bubur dapat dipersingkat hanya 15–22 menit.

Setelah pemasakan dilakukan penyaringan (ekstraksi) untuk mengeluarkan sari kedelai. Penyaringan ini dilakukan dengan kain blacu yang digantung pada tiang yang berbentuk palang (Gambar 3.5). Ekstraksi dilakukan dengan menggoyang dan memeras kain saring yang berisi bubur kedelai. Dengan menggunakan kain saring yang digantungkan pada pipa berbentuk palang terdapat penghematan tenaga kerja karena cukup dilakukan oleh satu orang. Filtrat hasil penyaringan ditampung untuk diendapkan, sedangkan ampasnya dikumpulkan untuk dijual.



Gambar 3.4 Bak Pemasakan pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman



Gambar 3.5 Peralatan Ekstraksi pada IKM Tahu KAGU-MA Sayegan, Sleman

Sari kedelai yang diperoleh dari proses ekstraksi, selanjutnya dilakukan proses penggumpalan. Penggumpalan dilakukan menggunakan bak penggumpal berbentuk silinder beton yang dilapisi plat *stainless steel* di permukaan dalamnya. Sama halnya dengan perebusan penggunaan plat *stainless steel* ini selain untuk mengoptimalkan penggunaan panas juga menjaga higienitas produksi karena lebih mudah dibersihkan. Selain penghematan pada penggunaan pekerja pada proses ekstraksi, penghematan juga dilakukan dengan menggunakan air biang (kecutan/*whey*) yang dihasilkan dari proses penggumpalan.

Whey (air biang) adalah bahan yang tidak mengendap pada saat proses penggumpalan. Agar dapat digunakan untuk proses penggumpalan, *whey* segar harus didiamkan semalam agar bersifat asam. Air biang (*whey*) yang digunakan kembali sebanyak 25% dan sisanya dibuang sebagai limbah. Pada proses penggumpalan, bahan air biang (kecutan) yang dihasilkan pada proses ini mempunyai pH 3,84 dan penggumpalan dilakukan pada pH 5,5. Setelah penambahan air biang akan terbentuk jonjot-jonjot dan didiamkan sekitar 10 menit sampai

terbentuk gumpalan. Air biang pada tahap penggumpalan ditampung dalam bak terbuat dari tembok bata yang dilengkapi dengan keran. Hal ini dimaksudkan agar pembuangan *whey* lebih mudah.

Pencetakan tahu dilakukan secara bertumpuk sebanyak 4–5 tumpuk cetakan ditambah dengan beban batu seberat 5 kg untuk memaksimalkan pengepresan sampai tidak ada lagi air yang menetes dari meja cetakan (20–25 menit). Cetakan tahu terbuat dari kayu berbentuk persegi dilengkapi lubang-lubang untuk pembuangan air (Gambar 3.6).

Tahu selanjutnya dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan pelanggan. Proses terakhir adalah pewarnaan dan perebusan tahu, pewarnaan menggunakan tumbukan rimpang kunyit. Perebusan tahu dilakukan sampai sebagian besar tahu mengapung.

1. Neraca Massa Pada Proses Produksi Tahu di UKM Tahu KAGUMA

Neraca massa proses produksi tahu di UKM KAGUMA memperlihatkan bahwa untuk setiap 10 kg kedelai diperlukan air proses



Gambar 3.6 Cetakan Tahu pada IKM Tahu KAGUMA Sayegan, Sleman

sebanyak 362 liter (setara dengan 362 kg) yang terdiri atas air tanah 342 liter dan air biang (kecutan) sebanyak 40 liter, sedangkan kunyit yang diperlukan sebanyak 200 g. Produk tahu yang diperoleh tiap 10 kg kedelai sebanyak 40 kg tahu dengan limbah berupa air buangan sebanyak 265,3 liter, air biang (kecutan) yang dimanfaatkan sebanyak 45 liter, dan ampas kedelai sebanyak 22 kg.

Neraca massa rata-rata bahan masuk dan keluar pada tiap proses produksi tahu untuk kapasitas produksi rata-rata 10 kg kedelai disajikan pada Tabel 3.4.

Berdasarkan Tabel 3.4 dapat dilihat bahwa kebutuhan air terbesar adalah untuk proses pemasakan bubur kedelai dan penyaringan. Pemasakan ini bertujuan untuk melarutkan protein dan pati yang merupakan komponen pembentuk tahu. Oleh karena itu, dilakukan

Tabel 3.4 Neraca Massa Rata-Rata pada Proses Produksi Tahu di UKM Tahu KAGUMA

Proses	Bahan Masuk, kg			Bahan Keluar,kg			Efisiensi (%)
	Kedelai & produknya	Air	Jumlah	Kedelai & produknya	Limbah	Jumlah	
Perendaman	10	19	29	17,7	11,3	29	61,03
Pencucian	17,7	20	37,7	17,7	20	37,7	46,95
Penggilingan	17,7	30	47,7	47,7	0	47,7	100,00
Pemasakan bubur kedelai	47,7	129	176,7	174,3	2,4	176,7	98,64
Penyaringan	174,3	80	254,3	231,8	22,5	254,3	91,15
Penggumpalan	231,8	40	271,8	132,8	139	271,8	48,86
Pencetakan & Pengepresan	87,8	0	87,8	39,7	48	87,8	45,33
Pewarnaan & Pemasakan tahu	40	44	84	40	44	84	47,62
Total	627	362	989	701,8	287,2	989	70,96

penambahan air untuk meningkatkan efisiensi jumlah rendemen protein dan pati yang terlarut. Adanya penambahan air dan pemanasan menyebabkan molekul-molekul pati menjadi mengembang, sedangkan protein mengalami denaturasi yang ditunjukkan adanya penggumpalan (koagulasi). Pemasakan bubur kedelai dilakukan pada suhu 80–90°C dengan tujuan untuk optimasi proses pelarutan (ekstraksi) dan sterilisasi untuk menghilangkan kontaminasi mikrobiologi yang akan mengganggu mutu dan masa simpan tahu. Penambahan jumlah air memengaruhi rendemen hasil, namun jika semakin banyak jumlah air dan penyaringan akan menambah waktu operasional proses serta dimungkinkan penyaringan yang ketiga dan selanjutnya tidak menambah rendemen hasil secara signifikan. Selain itu, limbah cair yang dihasilkan pada proses penggumpalan juga semakin banyak, hal ini tentu tidak diharapkan.

Seperti yang terlihat pada Tabel 3.4, proses penggumpalan merupakan penyumbang terbesar limbah cair. Air biang (*whey*) hasil proses penggumpalan yang digunakan kembali hanya sekitar 25% dan sisanya dibuang sebagai limbah cair. Proses lain yang menghasilkan limbah cair relatif banyak adalah proses pencetakan dan pengepresan.

Berdasarkan tabel neraca massa proses, dapat dilihat bahwa *yield* atau rendemen produk utama (tahu) sebesar 4,04%, limbah padat 2,27%, dan limbah cair 22,47%. Efisiensi proses tertinggi pada proses penggilingan karena proses ini ditunjang oleh penggunaan alat dan pembilasan alat sesudah proses. Air bilasan ditambahkan pada pemasakan kedelai sehingga tidak ada bahan yang terbuang atau tertinggal pada alat. Pemasakan dengan sistem uap menghasilkan efisiensi 98,64%. Berkurangnya efisiensi proses pemasakan disebabkan oleh dibuangnya busa yang dihasilkan dalam proses pemasakan. Efisiensi total proses produksi tahu KAGUMA adalah 70,96%.

2. Neraca Energi Pada Proses Produksi Tahu di KAGUMA

Pada setiap tahapan proses pembuatan tahu selain terjadi perubahan massa terjadi pula perubahan energi akibat perbedaan energi yang

dimiliki setiap bahan proses. Keseimbangan panas (energi) pada setiap tahapan proses untuk kapasitas 10 kg biji kedelai per *batch* disajikan pada Tabel 3.5. Pada tabel tersebut, terlihat bahwa energi terbesar diperlukan untuk proses pemasakan bubur kedelai, sedangkan kebutuhan energi terkecil adalah pada proses perendaman.

Umumnya proses perendaman dilakukan selama 2–4 jam sehingga mengakibatkan kenaikan keasaman larutan. Penurunan pH

Tabel 3.5 Neraca Energi Proses Produksi Tahu

Proses	Sumber Panas	Masuk, kkal	Keluar, kkal	Jumlah, kkal		Efisiensi energi,%
				Masuk	Keluar	
Perendaman	Kedelai	392	622	938	938	100
	Air	513	316			
	Panas proses	34	0			
Penggilingan	Bubur kedelai	622	1.723	1.723	1.723	100
	Air	810	0			
	Panas tumbukan	291	0			
Pemasakan bubur kedelai	Bubur kedelai	1.723	16.670	30.988	30.988	60,65
	Air	3.483	2.125			
	Kayu & serpihan kayu	25.783	0			
	Panas pembakaran ketel terbuang	0	12.193			
Pemindahan proses	Bubur kedelai	16.670	14.496	16.670	16.670	86,96
	Panas terbuang	0	2.174			
Penyaringan sari kedelai	Bubur & sari kedelai	14.496	13.803	16.656	16.656	88,51
	Air	2.160	0			
	Ampas	0	938			
	Panas terbuang	0	1.914			
Penggum-palan	Sari kedelai	13.803	4.775	15.163	15.163	94,59
	Whey	1.360	9.568			
	Panas terbuang	0	820			

tersebut menimbulkan panas dan menaikkan suhu larutan sebesar 1°C. Pada proses penggilingan terjadi kenaikan suhu bubur hasil gilingan karena adanya tumbukan/gesekan antara partikel kedelai dengan batu penggiling. Semakin rapat jarak antara kedua batu penggiling akan menghasilkan bubur kedelai yang semakin halus, namun panas yang dihasilkan juga semakin besar.

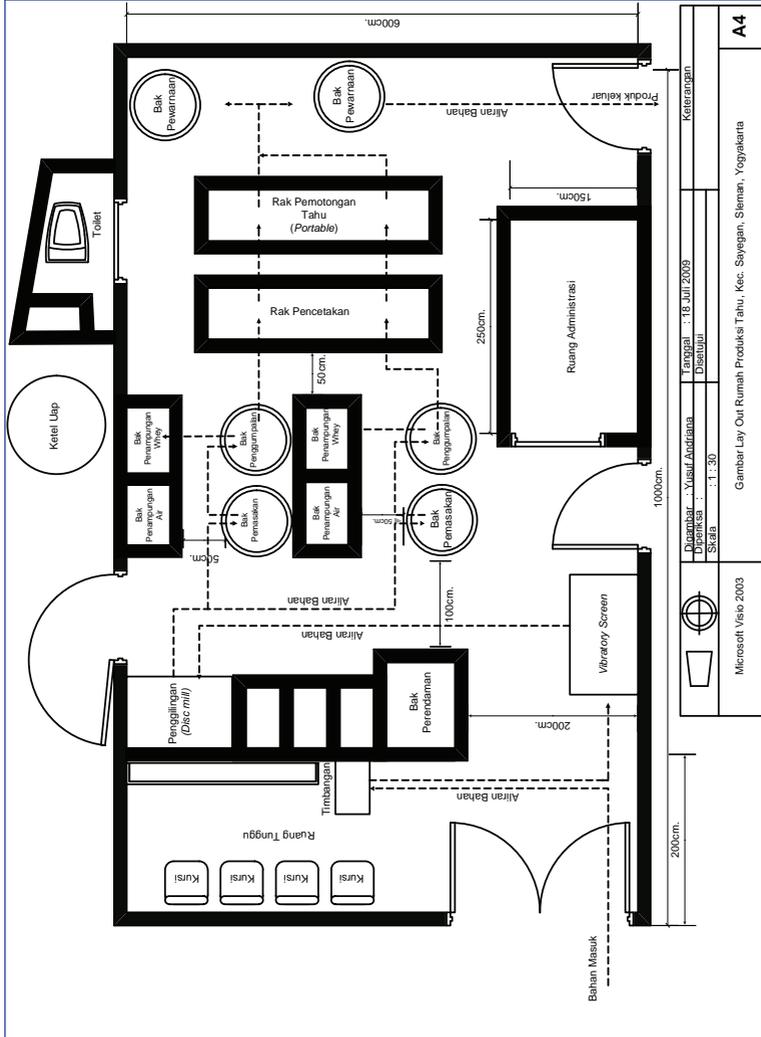
Pemasakan bubur kedelai memerlukan energi besar untuk menaikkan suhu bubur kedelai dan air pengeksrak mencapai suhu didihnya selama 20–60 menit tergantung sumber panas (bahan bakar) yang digunakan dan sistem pembakarannya termasuk desain tungku. Berdasarkan hasil survei, umumnya setelah proses pemasakan selesai (bubur mengembang (berbusa) sebanyak dua kali) maka pemasakan dihentikan dan bubur yang telah masak didiamkan beberapa saat sampai bubur turun kembali. Bubur tersebut selanjutnya dipindahkan ke tangki penyaring menggunakan gayung/ember kecil sehingga dibutuhkan waktu yang tidak singkat. Proses ini menyebabkan penurunan suhu bubur sehingga terjadi pembebasan panas ke lingkungan.

Selama proses penyaringan terjadi penurunan suhu sari kedelai. Setelah sejumlah bubur kedelai dipindahkan ke tangki penyaring akan terjadi kesetimbangan panas pada suhu tertentu. Adanya panas yang terbuang karena terjadi lagi penurunan suhu sari kedelai selama proses pemerasan ampas kedelai. Demikian pula pada proses penggumpalan dikeluarkan panas ke lingkungan sehingga terjadi penurunan suhu karena sari kedelai didiamkan beberapa saat setelah ditambahkan *whey* sampai protein menggumpal.

3. Tata Letak Fasilitas Pada UKM Tahu KAGUMA

Tata letak fasilitas merupakan hal yang penting dalam suatu industri karena menyangkut efisiensi dan produktivitas perusahaan. Dalam kaitannya dengan penerapan produksi bersih tata letak akan meningkatkan efisiensi pemanfaatan sumber daya yang ada, khususnya SDM dan berhubungan langsung dengan higienitas karena menyangkut sanitasi di dalam ruang produksi.

Tata letak pada UKM Tahu KAGUMA telah menerapkan prinsip-prinsip perancangan tata letak. Hal ini terlihat dari tata letak ruang produksi yang telah memperhatikan aliran bahan dan keterkaitan aktivitas sesuai dengan sistem perancangan tata letak secara sistematis yang dikembangkan oleh Francis dan White (1974). Penempatan setiap pusat aktivitas pada UKM tahu KAGUMA berdasarkan aliran bahan dan setiap pusat aktivitas yang berkaitan erat ditempatkan secara berdekatan. Hal ini memudahkan pekerja dalam melakukan produksi. Adanya jarak antarpusat aktivitas juga memudahkan aliran bahan dan komunikasi antarpekerja. Selain itu UKM tahu KAGUMA telah memperhatikan sanitasi terbukti terdapat saluran-saluran pembuangan air limbah pada ruang produksi. Tata letak dan aliran bahan pada ruang produksi UKM tahu KAGUMA dapat dilihat pada Gambar 3.7.



Gambar 3.7 Layout Lantai Produksi pada UKM Tahu Sayegan

Bab 4

Proses Produksi di UKM Tahu Subang dan Sumedang



Sumber: Foto koleksi Tim Peneliti.

Pengukuran Dimensi Tungku Pemasak di Rumah
Produksi Tahu di Sayegan, Sleman.

Berdasarkan hasil survei di pengrajin tahu yang berada di Kabupaten Subang dan Kabupaten Sumedang, proses sortasi bahan baku kedelai sebelum perendaman pada umumnya tidak dilakukan karena para pengrajin menganggap kedelai yang digunakan sudah relatif bersih (bahan baku kedelai berupa kedelai impor). Adapun kondisi operasi proses produksi tahu di pengrajin tahu Sumedang (studi kasus tahu Sari Bumi dan tahu Engkos) dan pengrajin Subang (studi kasus tahu Putra Subang) disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Kondisi Operasi Proses Pembuatan Tahu di Pengrajin Sumedang

Proses	pH			Suhu, °C			Waktu operasi per 10 kg kedelai, menit		
	Engkos OT	Sari Bumi	Putra Subang	Engkos OT	Sari Bumi	Putra Subang	Engkos OT	Sari Bumi	Putra Subang
Perendaman	5,5	5,5	5,5	28	28	29	150	120	120
Pencucian	-	-	-	28	28	29	2	2	1
Penggilingan	5,6	5,4	6	34	40	33	25	29	46
Pemasakan bubur kedelai	6,2	6,2	7	100	100	100	63	27	56
Penyaringan	5,8	5,8	6	80	81	62	13	9	19
Penggumpalan sari kedelai	4,9	4,0	5	72	71	54	16	18	13
Pencetakan	4,7	5,0	5	67	65	50	34	36	18

Proses produksi tahu di Subang dan Sumedang tidak jauh berbeda dengan proses produksi tahu di KSM Mandiri Lestari Semarang dan UKM Tahu KAGUMA Sleman. Tahapan proses produksinya meliputi perendaman, penggilingan, pemasakan, ekstraksi, penggumpalan, pencetakan, dan pemotongan. Perbandingan mesin dan peralatan yang digunakan pada industri tahu di Subang dan Sumedang dapat dilihat pada Tabel 4.2.

Proses perendaman kedelai dilakukan selama 2–3 jam sampai kedelai telah mengembang dengan air sebanyak 1–2 ember plastik ukuran 10 liter. Penggunaan ember dikarenakan kepraktisan penggunaannya, sedangkan perendaman kedelai sendiri dimaksudkan untuk melunakkan tekstur selulernya sehingga mudah digiling dan memberikan dispersi dan suspensi bahan padat kedelai yang lebih baik pada waktu ekstraksi dengan air.

Penggilingan kedelai dilakukan dengan mesin penggiling batu (*disc mill*) menggunakan motor bakar diesel (Tahu Sari Bumi dan Putra Subang) atau tenaga motor listrik (Tahu Engkos OT). Pemilihan tenaga penggerak pada *disc mill* biasanya bergantung pada instalasi listrik yang ada pada industri tersebut. Sebagian besar instalasi listrik di pengrajin tahu di Subang dan Sumedang adalah instalasi listrik rumah tangga (900 Watt) sehingga penggunaan motor bakar (diesel) merupakan alternatif yang baik karena tidak perlu mengubah instalasi listrik dengan daya lebih tinggi.

Pada saat penggilingan kedelai, air ditambahkan melalui keran yang mengalir di atas *hopper* (pengumpan kedelai). Konsumsi bahan bakar per 100 kg bahan baku kedelai kurang lebih untuk solar sebanyak 2,5–3 liter, sedangkan untuk listrik kurang lebih 6,2 kW. Lama penggilingan ditentukan oleh kapasitas alat, jarak antara kedua lempengan batu penggiling, kadar air kedelai, dan jumlah air yang ditambahkan.

Pada proses pemasakan bubur kedelai pada industri tahu di Subang dan Sumedang sebagian besar menggunakan tungku yang terbuat dari tembok bata. Pemasakan dilakukan secara langsung dengan

Tabel 4.2 Perbandingan Mesin dan Peralatan Pada UKM Tahu di Subang dan Sumedang

Proses	Engkos OT	Sari Bumi	Putra Subang
Perendaman	Ember plastik	Ember plastik	Ember plastik
Pencucian	Ember plastik	Ember plastik	Ember plastik
Penggilingan	<i>Disc Mill</i>	<i>Disc Mill</i>	<i>Disc mill</i>
Pemasakan	Tungku (pemanasan langsung) dengan bahan bakar limbah kayu dilengkapi cerobong asap	Tungku (pemanasan langsung) dengan bahan bakar LPG tanpa cerobong asap	Tungku (pemanasan langsung) dengan bahan bakar limbah kayu dilengkapi cerobong asap
	Bak pemasakan berupa wajan diletakkan pada tungku tembok	Bak pemasakan berupa wajan diletakkan pada tungku tembok	Bak pemasakan berupa wajan diletakkan pada tungku tembok
Penyaringan	Kain saring tanpa gantungan pipa, dilengkapi rangka kerucut (tahang) untuk penyaringan	Kain saring tanpa gantungan pipa besi menyilang, dilengkapi dengan rangka kerucut	Kain saring tanpa gantungan pipa besi menyilang, dilengkapi dengan rangka kerucut
	Bak Penyaringan silinder beton dilapisi <i>stainless steel</i>	Bak Penyaringan silinder beton dilapisi <i>stainless steel</i>	Bak Penyaringan ember kayu berbentuk silinder
Penggumpalan	Bak penggumpalan berupa silinder beton dilapisi <i>stainless steel</i>	Bak penggumpalan berupa silinder beton dilapisi <i>stainless steel</i>	Bak Penyaringan ember kayu berbentuk silinder
	Bak penampungan <i>whey</i> berupa drum plastik	Bak penampungan <i>whey</i> berupa drum plastik	Bak penampungan <i>whey</i> berupa drum plastik
Pencetakan dan Pengepres	Alat pencetak tahu terbuat dari kayu	Alat pencetak tahu terbuat dari kayu	Alat pencetak tahu terbuat dari kayu
	Rak Pencetak Tahu terbuat dari tembok bata	Rak Pencetak Tahu terbuat dari tembok bata	Rak Pencetak Tahu terbuat dari tembok bata
	Pemberat cetakan berupa batu	Pemberat cetakan berupa batu	Pemberat cetakan berupa batu
	Kain saring	Kain saring	Kain saring
Pemotongan	Tahu dijual per cetakan besar tanpa dipotong terlebih dahulu	Tahu dijual per cetakan besar tanpa dipotong terlebih dahulu	Pisau
			Rak pemotongan tahu
			Penggaris

mengontakkan sumber panas dengan media (bubur kedelai) dalam bejana pemasakan berupa wajan *stainless steel* atau aluminium yang diletakkan dalam tungku tembok bata. Namun, terdapat perbedaan penggunaan bahan bakar, IKM Sari Bumi menggunakan gas LPG sebagai sumber panas, sedangkan IKM Engkos OT menggunakan sekam padi. Lain halnya dengan tahu Putra Subang di Subang untuk pemasakan bubur mereka menggunakan kayu bakar sebagai sumber panas. Gambar tungku pada IKM tahu Sari bumi, Engkos OT, dan Putra Subang dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2, dan 4.3.

Pemasakan dengan cara menempatkan bejana langsung di atas lidah api sehingga memungkinkan adanya kontak antara asap hasil pembakaran dengan produk tahu sehingga tahu yang dihasilkan sedikit beraroma asap.

Sebelum bubur kedelai dimasukkan ke tangki perebus, sebagian air proses dipanaskan terlebih dahulu dalam tangki tersebut sampai suhu sekitar 80–90°C. Suhu pada proses pemasakan pada kisaran 100–101°C. Pemasakan bubur kedelai dianggap selesai apabila bubur sudah naik mencapai tangki bagian atas minimal dua kali. Setiap kali



Gambar 4.1 Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Sari Bumi



Gambar 4.2 Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Engkos OT



Gambar 4.3 Tungku Pemasakan pada IKM Tahu Putra Subang

bubur naik maka ditambahkan sejumlah air (pada tahu Sari Bumi air yang ditambahkan berupa air hangat $\pm 55^{\circ}\text{C}$, pada tahu Engkos OT suhu air $50\text{--}55^{\circ}\text{C}$, dan Putra Subang penambahan air menggunakan air suhu ruang). Lamanya pemasakan untuk jumlah bahan baku kedelai yang sama untuk berbagai bahan bakar dari yang paling cepat berturut-turut gas LPG, kayu bakar, selanjutnya sekam. Hal ini tentu berkaitan dengan nilai kalor panas masing-masing bahan.

Penyaringan dilakukan dengan kain blacu yang diletakkan pada jeruji (rangka) berbentuk kerucut (Sunda: tampo, tahang) dan diekstrak dengan digoyang dan diperas secara manual oleh dua orang. Filtrat hasil penyaringan ditampung menggunakan bak penampung yang sekaligus berfungsi sebagai bak penggumpal. Pemerasan ampas kedelai pada proses penyaringan umumnya dilakukan dalam 1–2 kali pemerasan tergantung kapasitas tiap *batch*. IKM tahu Sari Bumi dan Engkos OT menggunakan silinder beton yang dilapisi dengan plat *stainless steel* di permukaan dalamnya, sedangkan IKM tahu Putra Subang menggunakan ember kayu. Penggunaan silinder beton yang dilapisi *stainless steel* dianggap lebih baik karena selain menjaga higienitas produk, penggunaan silinder beton yang dilapisi plat *stainless steel* ini mengoptimalkan penggunaan panas.

Hasil dari proses ekstraksi (penyaringan) adalah sari kedelai dan ampas. Sari kedelai digumpalkan, sedangkan ampasnya dijual secara langsung. Proses penggumpalan merupakan tahapan yang paling kritis. Tekstur tahu dan rendemen (*yield*) tahu yang dihasilkan tergantung pada tahapan ini. Selain penggumpalan, faktor lain yang berpengaruh pada tekstur tahu adalah cara pengepresannya. Penggumpalan yang terlalu cepat menghasilkan tahu yang mudah hancur. Sebaliknya, jika terlalu lambat maka rendeman tahu yang dihasilkan sedikit dan tahu menjadi sangat lunak dan sukar dicetak. Dibutuhkan teknik dan keterampilan khusus serta takaran bahan penggumpal yang tepat untuk bisa menghasilkan tahu yang baik (Supriadi, 2003). Sebagai bahan penggumpal digunakan air biang (*wbey*) yang dihasilkan dari proses penggumpalan sebelumnya. *Wbey* yang digunakan adalah

campuran *whey* yang telah disimpan semalam (50–60%) dengan *whey* produksi hari itu (40–50%) untuk mendapatkan *whey* yang hangat sehingga penggumpalan lebih baik. Penambahan *whey* dilakukan sedikit demi sedikit sampai terbentuk jonjot-jonjot dan didiamkan sekitar 10 menit sampai terbentuk gumpalan. Sisa *whey* yang tidak dimanfaatkan dibuang sebagai limbah. Air biang (kecutan) yang dihasilkan pada proses ini mempunyai pH 3–4 dan penggumpalan dilakukan pada pH 4–5.

Pencetakan tahu akan menentukan jenis tahu yang dihasilkan. Untuk tahu yang akan dimasak (tahu sayur) pencetakan dilakukan bertumpuk sebanyak 4–5 tumpuk cetakan sehingga tahu memadat, sedangkan untuk tahu goreng pencetakan dilakukan secara berjejer (tidak ditumpuk) agar tahu berongga. Pengepresan cetakan tahu dilakukan dengan memberikan beban batu/cor semen (7–12 kg) sampai tidak ada lagi air yang menetes dari meja cetakan. Tahu selanjutnya dipotong sesuai dengan ukuran yang diinginkan pelanggan.

Dalam proses pembuatan tahu, sulit diketahui secara pasti berapa hasil tahu yang dapat diperoleh setiap kilogram kedelai. Rendemen tahu sangat dipengaruhi oleh kondisi alat penggilingan (tingkat kelembutan sari kedelai yang dapat dihasilkan) dan kadar protein dalam jenis kedelai yang digunakan. Umumnya semakin lembut sari kedelai, semakin banyak protein yang dapat digumpalkan dan semakin sedikit ampas yang dihasilkan. Faktor lain yang memengaruhi rendemen protein dan mutu tahu adalah penggumpalan dan keadaan sanitasi proses pengolahan pada umumnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ekstraksi secara panas menghasilkan rendemen yang lebih banyak.

Gambar 3.1 menunjukkan bahwa selain kedelai, air merupakan komponen utama dalam pembuatan tahu. Pemakaian air proses menurut Suprapti (2005), minimal sepuluh kali bahan baku (kedelai) yang digunakan, dan menurut Saragih dan Sarwono (2001), untuk pengolahan 1 kg kedelai dibutuhkan air 45 liter, sedangkan menurut Parnanto (2008), diperlukan air 3000–4000 liter setiap 100 kg kedelai.

Oleh sebab itu, industri tahu banyak mengeluarkan limbah cair. Menurut PPBN (2006), air limbah yang dihasilkan dari usaha pembuatan tahu setiap harinya tidak kurang dari 20 kali volume kedelai yang diproses.

Aliran bahan pada industri kecil tahu di Sumedang (studi kasus tahu Sari Bumi dan tahu Engkos OT) disajikan pada Tabel 4.3.

Berdasarkan Tabel 4.3, diperoleh data bahwa untuk setiap 10 kg kedelai diperlukan air proses sebanyak 401,2 liter (setara dengan 401,2 kg) yang terdiri atas air tanah 350,3 liter dan air biang (kecutan) sebanyak 50,9 liter. Produk tahu yang diperoleh tiap 10 kg kedelai sebanyak 33,8 kg tahu dengan limbah berupa air buangan sebanyak 305,6 liter, air biang (kecutan) yang dimanfaatkan sebanyak 50,9 liter, dan ampas kedelai sebanyak 16,4 kg. Air yang terbuang selama proses pemasakan sebanyak 4,5 kg. *Yield* atau rendemen produk utama (tahu) sebesar 8,23%, limbah padat (ampas) 3,99%, dan limbah cair 71,29%. Efisiensi proses tertinggi pada proses penggilingan. Hal ini disebabkan oleh proses penggilingan yang ditunjang oleh penggunaan alat dan pembilasan alat sesudah proses, di mana air bilasan ditambahkan pada pemasakan kedelai sehingga tidak ada bahan yang terbuang atau

Tabel 4.3 Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Sari Bumi

Proses	Bahan Masuk, kg			Bahan Keluar, kg			Efisiensi (%)
	Kedelai & produknya	Air	Jumlah	Produk	Limbah	Jumlah	
Perendaman	10	18,2	28,2	14,7	13,5	28,2	52,13
Pencucian	14,7	18,2	32,9	14,7	18,2	32,9	44,68
Penggilingan	14,7	28	42,7	42,7	0	42,7	100
Pemasakan bubur	42,7	209,1	251,8	247,3	0*	247,3	98,21
Penyaringan	247,3	76,8	324,1	307,7	16,4	324,1	94,94
Penggumpalan	307,7	50,9	358,6	194,3	163,6	358,6	54,18
Pencetakan	194,3	0	194,3	33,8	160,5	194,3	17,40
Jumlah	831,5	401,7	1232,6	855,2	372,9	1228,1	69,38

*) selisih input dan output sebesar 4,5 kg adalah air yang teruapkan selama proses pemasakan

Tabel 4.4 Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Engkos OT, Sumedang

Proses	Bahan Masuk, kg			Bahan Keluar, kg			Efisiensi (%)
	Kedelai & produknya	Air	Jumlah	Produk	Limbah	Jumlah	
Perendaman	10	25	35	23,8	11,2	35	68,00
Pencucian	23,8	12,5	36,3	23,8	12,5	36,3	65,56
Penggilingan	23,8	27,5	51,3	51,3	0	51,3	100,00
Pemasakan bubur	51,3	101,3	152,6	150	0*	150	98,30
Penyaringan	150	52,5	202,5	175	27,5	202,5	86,42
Penggunaan	175	35	210	100	110	210	47,62
Pencetakan	100	0	100	38,3	61,7	100	38,30
Jumlah	533,9	253,8	787,7	562,2	222,9	785,1	71,37

*) selisih *input* dan *output* sebesar 2,6 kg adalah air yang teruapkan selama proses pemasakan

tertinggal pada alat. Efisiensi total proses produksi tahu Sari Bumi adalah 69,38%.

Berdasarkan Tabel 4.4, hasil pengukuran neraca massa total bahan selama proses, diperoleh data bahwa untuk setiap 10 kg kedelai diperlukan air proses sebanyak 253,8 liter (setara dengan 253,8 kg) yang terdiri atas air tanah 228,8 liter dan air biang (kecutan) sebanyak 35 liter. Produk tahu yang diperoleh tiap 10 kg kedelai sebanyak 38,3 kg tahu dengan limbah berupa air buangan sebanyak 160,4 liter, air biang (kecutan) yang dimanfaatkan sebanyak 35 liter, dan ampas kedelai sebanyak 27,5 kg. Air yang teruapkan selama pemasakan 2,6 kg. *Yield* atau rendemen produk utama (tahu) sebesar 14,52%, limbah padat (ampas) 10,42%, dan limbah cair 57,43%. Efisiensi proses tertinggi pada proses penggilingan. Maksimumnya proses penggilingan ditunjang oleh penggunaan alat dan pembilasan alat sesudah proses, di mana air bilasan ditambahkan pada pemasakan kedelai sehingga tidak ada bahan yang terbuang atau tertinggal pada alat. Efisiensi total proses produksi tahu Engkos OT adalah 71,37%.

Berdasarkan Tabel 4.5 hasil pengukuran neraca massa total bahan selama proses, diperoleh data bahwa untuk setiap 10 kg kedelai

Tabel 4.5 Aliran Bahan pada Pengrajin Tahu Putra Subang

Proses	Bahan Masuk, kg			Bahan Keluar, kg			Efisiensi (%)
	Kedelai & produknya	Air	Jumlah	Produk	Limbah	Jumlah	
Perendaman	10,0	15,0	25,0	23,8	1,2	25,0	95,25
Pencucian	23,8	15,6	39,4	23,8	15,6	39,4	60,38
Penggilingan	23,8	22,8	46,6	46,4	0,0	46,4	99,70
Pemasakan bubur	46,4	159,4	205,8	200,8	0*	200,8	97,54
Penyaringan	200,8	153,8	354,5	324,5	30,0	354,5	91,54
Penggum-palan	324,5	31,9	356,4	233,9	124,1	358,0	65,63
Pencetakan	233,9	0,0	233,9	46,5	187,4	233,9	19,88
Jumlah	863,2	398,4	1.261,6	899,7	358,3	1.258,0	71,32

*) selisih *input* dan *output* sebesar 4,1 kg adalah air yang teruapkan selama proses pemasakan

diperlukan air proses sebanyak 398,4 liter (setara dengan 398,4 kg) yang terdiri atas air tanah 366,5 liter dan air biang (kecutan) sebanyak 31,9 liter. Produk tahu yang diperoleh tiap 10 kg kedelai sebanyak 46,5 kg tahu dengan limbah berupa air buangan sebanyak 296,2 liter, air biang (kecutan) yang dimanfaatkan sebanyak 31,9 liter, dan ampas kedelai sebanyak 30 kg. Air yang teruapkan selama pemasakan 5 kg. *Yield* atau rendemen produk utama (tahu) sebesar 11,39%, limbah padat (ampas) 7,35%, dan limbah cair 68,83%. Efisiensi proses tertinggi pada proses penggilingan. Maksimumnya proses penggilingan ditunjang oleh penggunaan alat dan pembilasan alat sesudah proses, di mana air bilasan ditambahkan pada pemasakan kedelai sehingga tidak ada bahan yang terbuang atau tertinggal pada alat. Efisiensi total proses produksi tahu Putra Subang adalah 71,32%.

Dari Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 terdapat selisih antara jumlah bahan yang masuk dengan yang keluar, diduga disebabkan oleh penguapan air selama proses pemasakan bubur kedelai. Penguapan terjadi karena pemasakan dilakukan dalam tangki terbuka dan suhu pemasakan mencapai 100°C.

A. Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Industri Kecil Tahu di Beberapa Daerah (Semarang, Sleman, Subang dan Sumedang)

Berdasarkan Tabel 4.3, 4.4, dan 4.5 dapat dibuat perbandingan neraca massa bahan dari beberapa UKM yang disajikan pada Tabel 4.6.

Pengrajin tahu KSM Mandiri Lestari merupakan standar acuan produksi tahu dengan penerapan konsep produksi bersih (PPBN 2006). Pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa KSM Mandiri Lestari mempunyai efisiensi proses tertinggi dibandingkan dengan pengrajin lain. Perbandingan efisiensi proses produksi tahu di KAGUMA, Sari Bumi, Engkos OT, dan Putra Subang dengan KSM Mandiri Lestari adalah berturut-turut 0,917; 0,896; 0,922; 0,921. Kunci efisiensi proses pada KSM Mandiri Lestari adalah minimalisasi pemakaian air proses yang berdampak pada kecilnya jumlah limbah cair.

Pengrajin tahu “KAGUMA” merupakan salah satu kelompok pengrajin tahu binaan PPBN, KPDL Sleman, dan GTZ yang dibentuk untuk melakukan produksi tahu dengan penerapan produksi bersih seperti KSM Mandiri Lestari. Namun, hasil perbandingan menunjukkan efisiensi proses produksi tahu KAGUMA rendah dari KSM Mandiri Lestari. Penurunan ini disebabkan oleh beberapa hal, yaitu.

- 1) Pada proses pencucian, KSM Mandiri Lestari menggunakan kembali air bekas cucian yang kedua untuk perendaman sehingga dapat memperkecil jumlah air limbah dari pencucian. Hal ini tidak dilakukan oleh pengrajin tahu KAGUMA.
- 2) Pada proses pemasakan, pengrajin tahu KAGUMA membuang busa yang terbentuk, sedangkan KSM Mandiri Lestari mengaduk/mencampur kembali busa dengan bubur kedelai selama proses pemasakan. Jadi pada pengrajin KAGUMA terjadi penambahan limbah dan KSM Mandiri Lestari tidak.
- 3) Penggunaan air oleh KAGUMA pada proses pemasakan bubur kedelai 129 liter, jumlah ini jauh lebih banyak dibandingkan

Tabel 4.6 Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Beberapa Industri Kecil Tahu

Nama Industri Tahu	Aliran Bahan Masuk					Aliran Bahan Keluar				
	Kedelai	Air	Whey	Jumlah	Tahu	Whey	Air limbah	Ampas	Jumlah	
Mandiri Lestari	10,0	178,7	35,0	223,7	74,2	25,0	107,0	17,5	223,7	
KAGUMA	10,0	278,0	40,0	328,0	39,7	45,0	221,3	22,0	328,0	
Sari Bumi	10,0	349,8	50,9	410,7	33,8	63,0	292,8	16,4	406,0	
Engkos OT	10,0	218,8	35,0	263,8	38,3	44,0	151,5	27,5	261,3	
Putra Subang	10,0	366,5	31,9	408,4	46,5	51,0	281,1	30,0	408,6	

Tabel 4.7 Perbandingan Neraca Massa Total Antara Beberapa Beberapa Industri Kecil Tahu

Nama Industri Tahu	Efisiensi Total Proses (%)	Efisiensi Produk (%)
Mandiri Lestari	77,41	33,17
KAGUMA	70,96	12,10
Sari Bumi	69,38	8,23
Engkos OT	71,37	14,52
Putra Subang	71,32	11,39

dengan KSM Mandiri yang hanya 20 liter. Hal ini menyebabkan limbah cair yang dihasilkan pada proses penggumpalan lebih banyak dari KSM Mandiri Lestari.

- 4) Setelah proses pencetakan dan pengepresan tahu KAGUMA diberi pewarnaan dan pemasakan yang tentunya menambah jumlah *input* air sekaligus *output*/limbah cair. Proses ini tidak dilakukan oleh KSM Mandiri Lestari.

Pengrajin tahu di Subang dan Sumedang belum pernah memperoleh informasi atau pelatihan tentang produksi bersih. Jika dibandingkan dengan KSM Mandiri Lestari efisiensi proses pengrajin tahu Sari Bumi paling rendah, sedangkan tahu Engkos OT dan Putra Subang mempunyai nilai perbandingan yang relatif sama walaupun jika dibandingkan dengan KSM Mandiri Lestari juga paling kecil. Rendahnya efisiensi proses produksi tahu Sari Bumi disebabkan jumlah pemakaian air proses yang banyak terutama pada proses pemasakan dan penyaringan. Tujuan penambahan jumlah air adalah untuk memaksimalkan proses ekstraksi protein, namun tidak diikuti oleh optimalisasi penggumpalan protein sehingga jumlah luaran berupa limbah cair juga besar. Pengrajin tahu Putra Subang memakai air paling banyak, namun efisiensi proses dan produk lebih tinggi dari tahu Sari Bumi dan KAGUMA. Hal ini karena pada proses penggumpalan dilakukan dengan perlahan-lahan sehingga jumlah protein hasil ekstraksi yang digumpalkan lebih banyak.

B. Hasil Pengujian Produk Tahu

Pada Tabel 4.8 berikut dapat dilihat bahwa kualitas tahu Sumedang Sari Bumi dan Engkos OT berdasarkan kandungan protein belum memenuhi syarat mutu berdasarkan SNI 01-3142-1998. Kandungan protein lebih rendah dari yang dipersyaratkan oleh SNI. Adapun hasil pengujian komposisi proksimat setiap proses pembuatan tahu disajikan dalam Tabel 4.9.

Protein merupakan komponen penting dalam proses pembuatan tahu karena prinsip pembuatan tahu adalah penggumpalan protein oleh bahan asam atau garam. Oleh karena itu, tahap awal proses pengolahan tahu adalah ekstraksi protein dari biji kedelai yaitu mulai tahap perendaman, penggilingan, pemasakan, dan penyaringan. Pemasakan bubur kedelai optimum pada suhu 90°C (Arum dan Saputri 2009). Sari kedelai hasil penyaringan digumpalkan menjadi tahu. Rendahnya kandungan protein dalam tahu jika dibandingkan

Tabel 4.8 Perbandingan Komposisi Tahu Sumedang dan SNI

No	Parameter	Sari Bumi	Engkos	SNI 01-3142-1998
1.	Kadar air (%)	83,11	83,44	-
2.	Kadar abu (%)	0,27	0,36	Maks 1
3.	Kadar Protein (%)	6,24	6,43	Min 9
4.	Lemak (%)	5,84	6,14	Min 0,5
5.	Karbohidrat (%)	0,62	0,61	-

Tabel 4.9 Hasil Analisis Proksimat Setiap Tahapan Proses Pengolahan Tahu

Tahapan Proses	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Protein (%)	Kadar Lemak (%)	Kadar Karbohidrat (%)
Biji kedelai*	10,35	5,06	29,12	17,87	12,58
Perendaman	59,42	2,20	13,42	9,15	2,36
Penggilingan (bubur kedelai)	80,35	0,95	6,79	4,13	2,36
Pemasakan	91,90	0,32	1,48	0,64	2,95
Penyaringan (sari kedelai)	95,99	0,30	1,11	1,48	2,56
Penggumpalan	95	0,39	5,77	3,81	2,36
Tahu	83,44	0,36	6,43	6,14	0,61
Ampas tahu	89,63	0,33	1,25	1,32	2,36

*) bahan baku tahu adalah kedelai impor

dengan SNI dapat dikarenakan proses ekstraksi, khususnya saat pemasakan melewati kondisi optimum. Umumnya suhu pemasakan pada 100°C yang mengakibatkan ada kerusakan protein yang telah terekstrak sehingga menyebabkan turunnya jumlah protein dalam sari kedelai. Selain faktor penurunan jumlah protein terekstrak karena pemanasan, kecilnya kadar protein tahu juga dipengaruhi oleh proses penggumpalan yang belum optimum. Proses penggumpalan dipengaruhi oleh pH proses, yaitu pada pH iso elektrik protein kedelai adalah 4,1–4,6. Umumnya para pengrajin tahu baik di Subang maupun Sumedang belum memperhatikan hal tersebut. Nilai pH proses penggumpalan di OT Engkos 4, 9; Sari Bumi 4; dan Putra Subang 5.

Penerapan konsep produksi bersih menitikberatkan pada efisiensi proses yang meliputi massa (bahan baku) dan energi, dalam rangka meminimalkan produk samping (limbah) yang dihasilkan. Umumnya limbah padat (ampas tahu) banyak dimanfaatkan oleh masyarakat sekitar untuk campuran pembuatan oncom, tempe gembus, dan pakan ternak. Akan tetapi, limbah cair umumnya dibuang langsung ke sungai karena letak pengrajin tahu selalu dekat dengan aliran sungai. Hasil pengujian yang dilakukan pada limbah proses produksi tahu disajikan pada Tabel 4.10 dan 4.11.

Berdasarkan standar kualitas limbah (Alaerts dan Santika 1984) khususnya parameter BOD dan COD termasuk dalam limbah kualitas IV (kurang sekali) sehingga jika langsung dibuang ke sungai menyebabkan pencemaran sungai atau menurunkan kualitas air sungai yang sangat berdampak pada kerusakan ekosistem sungai dan pemanfaatan air sungai tersebut. Oleh karena itu, limbah cair OT Engkos seharusnya diolah terlebih dahulu dengan sistem IPAL atau pengolahan lain sehingga layak untuk dibuang ke sungai dan tidak mencemari air sungai sebagai tempat pembuangan akhir. Adapun *output*/luaran dari IPAL tahu Sari Bumi sudah dapat dialirkan ke sungai.

Tabel 4.10 Hasil Analisis Limbah Cair Pengolahan Tahu

No.	Paramater	OT Engkos		Sari Bumi	Putra Subang	
		Limbah cair	Air sungai giriharja	Limbah cair	Output IPAL	Limbah cair
1.	pH	4,78	5,76	5,29	6,98	4,4
2.	BOD (ppm)	878,72	86,87	3207,89	14,24	-
3.	COD (ppm)	1050,54	838,14	4529,54	29,61	4171,4
4.	TSS (ppm)	0,794	0,294	0,946	0	
5.	TDS (ppm)	3,6	1	6,9	0,44	

Tabel 4.11 Standar Kualitas Air Limbah^{*)}

Paramater	Satuan	I	II	III	IV
	Mutu Air	Baik	Sedang	Kurang	Kurang Sekali
pH	-	6–9	5–9	4,5–9	4–10
BOD	ppm	20	100	300	500
COD	ppm	40	200	500	1000
TDS	ppm	1000	3000	3000	50.000
TSS	ppm	100	200	400	500

^{*)}Alaerts dan Santika 1984, Metode Analisis Air, Usaha-Nasional, Surabaya

C. Analisis Neraca Energi Pada Proses Produksi Tahu di Beberapa UKM Tahu Subang dan Sumedang

Pada setiap tahapan proses terjadi pelepasan dan penyerapan panas karena adanya perubahan suhu antara bahan yang masuk dan keluar, maupun karena adanya proses lain, seperti pembakaran bahan bakar dan tumbukan antarpartikel bahan dengan alat yang menghasilkan panas.

Proses pemasakan memerlukan energi/panas terbesar dibanding proses yang lain karena pada tahapan ini diperlukan energi untuk menaikkan suhu bubur kedelai dan air pengeksrak mencapai suhu didihnya selama 20–60 menit tergantung sumber panas (bahan bakar) yang digunakan dan sistem pembakaran, termasuk desain tungku.

Tungku merupakan alat perubah (konversi) energi dari kayu/BBM menjadi energi panas. Energi panas di dalam ruang bakar tungku akan berpindah ke sekelilingnya, di antaranya dinding ruang bakar, ketel alat masak, bahan (bubur kedelai), dan tempat terbuka lainnya. Cara perpindahan panas tersebut terjadi baik melalui cara konveksi (perpindahan panas misal gas dengan benda), radiasi (perpindahan panas tanpa media perantara), maupun konduksi (perpindahan panas antara molekul benda penghantar (logam). Besarnya perpindahan panas tersebut bergantung pada luas permukaan pindah panasnya (Holman 1997). Semakin besar luas permukaan pindah panasnya semakin besar pula kalor yang dipindahkan. Luas perpindahan panas pada tungku pemanasan baik untuk pemanasan langsung maupun pemanasan menggunakan boiler ditampilkan pada Tabel 4.12.

Dari data tersebut diketahui bahwa luas permukaan pindah panas pada bejana (tangki perebus) untuk pemanasan boiler pada IKM tahu KAGUMA adalah yang terbesar dibandingkan dengan tungku untuk pemanasan langsung IKM tahu lainnya sehingga pindah panas KAGUMA lebih baik dan mempercepat proses pemasakan bubur kedelai.

Neraca panas (energi) yang terdapat pada tiap tahapan proses berdasarkan hasil survei di Subang dan Sumedang disajikan pada Tabel 4.13, 4.14, dan 4.15.

Penggilingan biji kedelai di UKM Tahu Sari Bumi menggunakan tenaga diesel 6 Hp, diameter piringan batu 12 inch dan berbahan

Tabel 4.12 Luas Permukaan Pindah Panas pada Tungku Pemasakan Bubur Kedelai

Keterangan	Luas Permukaan Pindah Panas (cm ²)			
	KAGUMA	Engkos OT	Sari Bumi	Putra Subang
Luas bejana	85.132	32.660	63.080	20.825
Luas tembok	40.296	71.820	60.160	24.140
Luas total	125.428	104.480	123.240	44.965

bakar solar dengan konsumsi solar sebanyak 0,3 liter untuk penggilingan 10 kg biji kedelai selama 29 menit. Pemasakan bubur kedelai menggunakan bahan bakar LPG dengan kebutuhan 2,7–2,9 kg LPG setiap pemasakan 10 kg biji kedelai. Panas hasil pembakaran LPG digunakan untuk merebus bubur kedelai sampai suhu 100°C selama 27 menit. Panas dari tungku pemasakan dimanfaatkan pula untuk memanaskan air proses yang berada di samping tangki pemasakan sampai suhu 55°C dan sisanya terbuang ke udara sekeliling tanpa ada cerobong asap karena pemasakan dengan LPG tidak menghasilkan

Tabel 4.13 Neraca Energi UKM Tahu Sari Bumi Sumedang

Proses	Sumber Panas	Masuk, kkal	Keluar, kkal	Jumlah, kkal		Efisiensi energi, (%)
				Masuk	Keluar	
Perendaman	Kedelai	392	538	915	915	100
	Air	491	377			
	Panas proses	33	0			
Penggilingan	Bubur kedelai	538	1.889	1.889	1.889	100
	Air	756	0			
	Panas tumbukan	595	0			
Pemasakan bubur kedelai	Bubur kedelai	1.889	25.632	43.413	43.413	74,74
	Air	8.782	6.814			
	LPG	32.742	0			
	Panas pembakaran terbuang	0	10.967			
Pemindahan proses	Bubur kedelai	25.632	24.350	25.632	25.632	95,00
	Panas terbuang	0	1.282			
Penyaringan sari kedelai	Bubur & sari kedelai	24.350	25.619	27.558	27.558	95,43
	Air	3.207	0			
	Ampas	0	679			
	Panas terbuang	0	1.260			
Penggum-palan	Sari kedelai	25.619	14.128	28.266	28.266	89,93
	Whey	2.647	11.291			
	Panas terbuang	0	2.847			

asap seperti sekam atau kayu. Efisiensi pemasakan dengan LPG sebesar 74,74%, tertinggi di antara UKM tahu lain yang disurvei.

Penggilingan biji kedelai di UKM Engkos OT menggunakan tenaga listrik 2 Hp (diameter batu penggiling 8 inci) dengan konsumsi listrik setara dengan 428 kkal selama penggilingan 25 menit. Pemasakan bubur kedelai menggunakan sekam padi sebagai bahan bakar dengan kebutuhan sekam setiap pemasakan 10 kg biji kedelai sebanyak 7,5 kg sekam. Panas hasil pembakaran sekam digunakan untuk merebus bubur kedelai sampai suhu 100°C selama 60 menit. Panas dari tungku pemasakan dimanfaatkan pula untuk memanaskan air proses yang berada di samping tangki pemasakan sampai suhu 50°C dan sisanya terbuang melalui cerobong dan udara sekeliling. Efisiensi pemasakan dengan sekam adalah sebesar 42,52%. Nilai ini lebih rendah dibandingkan pemasakan dengan bahan bakar gas LPG di UKM tahu Sari Bumi maupun KAGUMA.

Penggilingan biji kedelai di UKM Putra Subang menggunakan tenaga diesel 2 Hp, diameter batu penggiling 8 inci dan berbahan bakar solar dengan konsumsi solar sebanyak 0,35 liter selama penggilingan 46 menit untuk 10 kg biji kedelai. Pemasakan bubur kedelai menggunakan kayu sebagai bahan bakar dengan kebutuhan kayu sebanyak 8–9 kg setiap pemasakan 10 kg biji kedelai. Panas hasil pembakaran digunakan untuk merebus bubur kedelai sampai suhu 100°C selama 55 menit. Sisa panas terbuang melalui cerobong dan udara sekeliling. Efisiensi pemasakan dengan kayu sebesar 50,89%. Nilai ini lebih rendah dibanding pemasakan dengan bahan bakar gas LPG di UKM tahu Sari Bumi maupun KAGUMA Sayegan. Air yang digunakan untuk proses adalah air pada suhu ruang sehingga panas sisa pembakaran dibuang saja dan tidak dimanfaatkan untuk proses lain.

Tabel 4.14 Neraca Energi UKM Tahu Engkos OT Sumedang

Proses	Sumber Panas	Masuk, kkal	Keluar, kkal	Jumlah, kkal		Efisiensi energi, %
				Masuk	Keluar	
Perendaman	Kedelai	392	791	1.106	1.106	100
	Air	675	315			
	Panas proses	40	-			
Penggilingan	Bubur kedelai	791	1.896	1.896	1.896	100
	Air	743	-			
	Panas tumbukan	362	-			
Pemasakan bubur kedelai	Bubur kedelai	1.896	15.700	48.208	48.208	42,52
	Air	5.063	4.798			
	Sekam	41.250	-			
	Panas pembakaran terbuang	-	27.710			
Pemindahan proses	Bubur kedelai	15.700	14.915	15.700	15.700	95,00
	Panas terbuang	-	785			
Penyaringan sari kedelai	Bubur & sari kedelai	14.915	14.484	17.540	17.540	90,27
	Air	2.625	-			
	Ampas	-	1.349			
	Panas terbuang	-	1.707			
Penggumpalan	Sari kedelai	14.484	7.305	16.234	16.234	91,07
	<i>Whey</i>	1.750	7.480			
	Panas terbuang	-	1.449			

Tabel 4.15 Neraca Energi UKM Tahu Putera Subang

Proses	Sumber Panas	Masuk, kkal	Keluar, kkal	Jumlah, kkal		Efisiensi energi, %
				Masuk	Keluar	
Perendaman	Kedelai	406	821			
	Air	420	34	856	856	100
	Panas proses	30	0			
Penggilingan	Bubur kedelai	821	1.686			
	Air	637	0	1.686	1.686	100
	Panas tumbukan	227	0			
Pemasaan bubur kedelai	Bubur kedelai	1.686	21.045			
	Air	4.463	5.491			
	Kayu	46.000	0	52.148	52.148	50,89
	Panas pembakaran terbuang	0	25.611			
Pemindahan proses	Bubur kedelai	21.045	20.203	21.045	21.045	96,00
	Panas terbuang	0	842			
Penyaringan sari kedelai	Bubur & sari kedelai	20.203	22.581			
	Air	4.305	0	24.508	24.508	96,04
	Ampas	0	957			
	Panas terbuang	0	971			
Penggumpalan	Sari kedelai	22.581	14.176			
	<i>Whey</i>	1.237	6.729	23.817	23.817	87,77
	Panas terbuang	0	2.913			

Bab 5

Peluang Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna (TTG) di UKM Tahu Berbasis Produksi Bersih



Sumber: foto koleksi Tim

Penggilingan Kedelai Menjadi Bubur

A. Arti Penting Teknologi dalam Pengembangan Usaha Kecil dan Menengah

Teknologi adalah karya manusia yang dikembangkan dari ilmu pengetahuan menjadi sebuah perangkat yang dapat meningkatkan efisiensi kerja pemakainya (manusia) dalam menyelesaikan tugas sehari-hari.

Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (1990: 1158), Teknologi adalah 1) metode ilmiah untuk mencapai tujuan praktis ilmu pengetahuan terapan, 2) keseluruhan sarana untuk menyediakan barang-barang yang diperlukan bagi kelangsungan dan kenyamanan hidup manusia (<http://mulyadiniarty.wordpress.com/2009/11/01/10-definisi-teknologi/>).

Menurut Rogers (dalam Seels, Richey 1994:12) teknologi adalah suatu rancangan langkah instrumental untuk memperkecil keraguan mengenai hubungan sebab akibat dalam mencapai hasil yang diharapkan.

Dari Wikipedia, teknologi adalah pengembangan dan aplikasi dari alat, mesin, material dan proses yang menolong manusia menyelesaikan masalahnya. Sebagai aktivitas manusia, teknologi mulai sebelum sains dan teknik.

Menurut Sharif (1992), teknologi dapat dilihat dari empat komponen, yaitu *technoware* (perangkat keras), *humanware* (manusia), *inforeware* (perangkat informasi), dan *organware* (perangkat organisasi). Keempat komponen tersebut saling berinteraksi dalam menjalankan suatu kegiatan produktif baik di industri kecil maupun besar. Menggunakan pengertian tersebut, pengukuran teknologi pada tingkat industri dapat dilakukan dengan lebih akurat.

Industri kecil dan menengah (IKM) atau usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) merupakan salah satu aktor bisnis yang menjadi perhatian lembaga pemerintah, swasta, dan masyarakat. Menurut UU No. 20 Tahun 2008, UMKM meliputi usaha mikro yaitu usaha produktif milik orang perorangan dan/atau badan usaha

perorangan yang memenuhi kriteria usaha mikro sebagaimana diatur dalam undang-undang (UU) ini. Usaha kecil adalah usaha ekonomi produktif yang berdiri sendiri, yang dilakukan oleh orang perorangan atau badan usaha yang bukan merupakan anak perusahaan atau bukan cabang perusahaan yang dimiliki, dikuasai, atau menjadi bagian baik langsung maupun tidak langsung dari usaha menengah atau usaha besar yang memenuhi kriteria usaha kecil sebagaimana dimaksud dalam UU tersebut. Usaha menengah adalah usaha ekonomi produktif yang berdiri sendiri, yang dilakukan oleh orang perorangan atau badan usaha yang bukan merupakan anak perusahaan atau cabang perusahaan yang dimiliki, dikuasai, atau menjadi bagian baik langsung maupun tidak langsung dengan usaha kecil atau usaha besar dengan jumlah kekayaan bersih atau hasil penjualan tahunan sebagaimana diatur dalam UU ini. Selanjutnya, dalam UU tersebut diuraikan kriteria UMKM, sebagai berikut.

- 1) Kriteria usaha mikro adalah sebagai berikut:
 - a. memiliki kekayaan bersih paling banyak Rp50.000.000,00 (lima puluh juta rupiah) tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha; atau
 - b. memiliki hasil penjualan tahunan paling banyak Rp300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah).
- 2) Kriteria usaha kecil adalah sebagai berikut:
 - a. memiliki kekayaan bersih lebih dari Rp50.000.000,00 (lima puluh juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah) tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha; atau
 - b. memiliki hasil penjualan tahunan lebih dari Rp300.000.000,00 (tiga ratus juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp2.500.000.000,00 (dua miliar lima ratus juta rupiah).

- 3) Kriteria usaha menengah adalah sebagai berikut:
- a. memiliki kekayaan bersih lebih dari Rp500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp10.000.000.000,00 (sepuluh miliar rupiah) tidak termasuk tanah dan bangunan tempat usaha; atau
 - b. memiliki hasil penjualan tahunan lebih dari Rp2.500.000.000,00 (dua miliar lima ratus juta rupiah) sampai dengan paling banyak Rp50.000.000.000,00 (lima puluh miliar rupiah).

Berdasar dari pengertian tersebut, UMKM, khususnya usaha kecil dan mikro merupakan usaha dengan modal yang terbatas dan biasanya relatif padat karya, yang artinya lebih banyak memanfaatkan tenaga manusia dalam kegiatan usahanya dan tenaga kerja yang terlibat memiliki tingkat pendidikan yang relatif rendah (karena biaya produksi lebih murah). Selain itu, tingkat teknologi yang digunakan relatif sederhana dan mudah dikerjakan oleh pelaku UMKM, khususnya pada usaha kecil dan mikro. UMKM dalam konteks pembangunan Indonesia sangat penting karena cakupan masyarakat yang terlibat cukup luas. Di Indonesia peranan UKM pada perekonomian nasional mencapai kurang lebih 90%.

Pada semua tingkat usaha, baik IKM maupun UMKM sudah dipastikan menggunakan dan memanfaatkan teknologi dalam menjalankan usahanya. Unsur teknologi yang digunakan meliputi perangkat keras (peralatan), perangkat informasi sebagai sumber informasi, perangkat manusia sebagai pelaksana dan perangkat organisasi untuk menjalankan berbagai unit dalam produksi. Tingkat teknologi yang digunakan di UMKM pada umumnya teknologi yang relatif sederhana dan mudah dioperasikan oleh pelaku yang kurang terampil sekalipun.

Industri kecil pembuatan tahu merupakan bagian dari industri pengolahan pangan yang mengolah bahan baku kedelai menjadi tahu. Ditinjau dari komponen teknologi (Sharif 1992) yang digunakan, seluruh komponen teknologi terdapat dalam proses produksi tahu.

Komponen teknologi yang dimaksud meliputi bahan baku (kedelai, air, dan *nhey*/air biang), peralatan seperti penggiling, pemasak, bak pencuci, dan peralatan yang lain termasuk bangunan dan fasilitas lainnya serta komponen manusia sebagai operator peralatan yang menjalankan semua proses produksi. Selain itu, juga memerlukan berbagai informasi dan sistem hubungan antarpelaku dalam usaha/ industri tersebut.

Untuk meningkatkan efisiensi proses produksi pada industri kecil tahu, dapat didekati dengan penerapan konsep produksi yang lebih bersih (produksi bersih). “Produksi bersih” merupakan suatu kegiatan berkelanjutan dari strategi penanggulangan dampak lingkungan secara terpadu yang pelaksanaannya meliputi proses produksi, penanganan produk sampai pemasaran untuk meningkatkan efisiensi sumber daya dan mengurangi dampak bagi manusia dan lingkungan (UNEP (*United Nations Environment Program*) diakses tanggal 13 Agustus 2013).

Pemerintah melalui Peraturan Menteri Negara Koperasi dan Usaha Kecil Dan Menengah Republik Indonesia Nomor: 26/Per/M.Kukm/VI/2007 telah menetapkan Pedoman Teknis Bantuan Perkuatan Untuk Teknologi Produksi Bersih Dan Teknologi Tepat Guna Bagi Sentra UKM. Dalam Bab I Pasal 7 sampai 10, disebutkan sebagai berikut.

- 1) Teknologi produksi bersih adalah teknologi untuk peningkatan efisiensi bahan baku, air, dan energi dalam meningkatkan daya saing produk serta minimalisasi limbah untuk setiap tahapan proses produksi dari awal sampai dengan akhir produk di terima konsumen.
- 2) Bantuan untuk teknologi produksi bersih adalah program bantuan perkuatan dalam bentuk dana kepada koperasi yang penggunaannya untuk pemanfaatan teknologi produksi bersih bagi usaha kecil dan menengah di sentra.
- 3) Teknologi tepat guna adalah teknologi yang secara teknis, ekonomis, dan sosial dapat diterapkan secara tepat dalam proses produksi.

4. Bantuan untuk teknologi tepat guna adalah program bantuan perkuatan dalam bentuk dana kepada koperasi yang penggunaannya untuk pemanfaatan teknologi tepat guna bagi usaha kecil dan menengah di sentra.

Hasil studi pada beberapa industri kecil tahu, baik di Kabupaten Sumedang maupun Subang menunjukkan bahwa industri tahu yang ada telah memanfaatkan teknologi tepat guna namun belum menerapkan konsep produksi bersih. Pada sebagian lokasi produksi tahu ditemukan pelaksanaan produksi yang lebih bersih, dalam arti kebersihan lingkungan proses dan dalam pembuangan limbah, akan tetapi pengertian penerapan produksi bersih (*cleaner production*) belum dipahami.

B. Teknologi Tepat Guna

Menurut Wikipedia, teknologi tepat guna (TTG) adalah teknologi yang dirancang dengan pertimbangan khusus yang meliputi aspek lingkungan, etika, budaya, sosial, dan ekonomi dari kelompok masyarakat yang akan menggunakannya. Dari pemikiran tersebut, teknologi tepat guna dicirikan oleh penggunaan sumber daya setempat, baik bahan dan keahlian, mudah dalam pemeliharaan (bisa dipelihara oleh pengguna), murah untuk semua faktor produksi (harga terjangkau pada kondisi ekonomi pengguna), dan tidak merusak lingkungan serta penggunaan energi yang rendah. Semua aspek tersebut relatif dibandingkan dengan industri maju (http://en.wikipedia.org/wiki/Appropriate_technology diakses tanggal 13 November 2009).

Ketepatangunaan suatu teknologi sangat kontekstual dalam arti ruang dan waktu (Brojonegoro, dalam Abbas & Radiyati 1999: 87). Pengertian tersebut membawa konsekuensi tidak mempersalahkan lagi teknologi maju atau sederhana. Teknologi yang akan diterapkan akan memperhatikan kondisi tempat di mana teknologi akan diterapkan dalam kurun waktu tertentu.

Pada awalnya teknologi tepat guna dimanfaatkan untuk tujuan kegiatan pemenuhan kebutuhan dasar manusia, seperti pengadaan air

bersih dan energi untuk memasak. Namun, dalam perkembangannya teknologi tepat guna menjadi teknologi yang dibutuhkan dan harus ada untuk mendukung kegiatan produksi dalam suatu usaha, seperti pada Pasal 9 Bab 1 Peraturan Menteri Negara Koperasi Dan Usaha Kecil Dan Menengah Republik Indonesia Nomor: 26/Per/M.Kukm/Vi/2007 yang menyebutkan teknologi tepat guna adalah teknologi yang secara teknis, ekonomis, dan sosial dapat diterapkan secara tepat dalam proses produksi.

UMKM banyak bermunculan dan berkembang di daerah-daerah pedesaan atau muncul dari masyarakat dengan keterbatasan modal, teknologi, pengetahuan, dan keterampilan. Usaha pengolahan tahu, banyak didirikan oleh pelaku yang sebelumnya bekerja di pabrik tahu. Dengan mengandalkan pengalaman dan modal terbatas mereka mendirikan pabrik tahu yang biasanya lokasinya menyatu dengan rumah tinggal. Melihat keadaan seperti pada industri kecil tahu yang ada saat ini maka pemakaian teknologi yang lebih baik dan lebih maju dengan tetap memperhatikan ketepatangunaan sebuah teknologi, sangat diperlukan.

C. Teknologi Produksi Pada Industri Kecil Tahu

Pada pembahasan teknologi yang digunakan pada industri kecil tahu akan dibatasi pada teknologi proses dan teknologi peralatan. Bahasan ini terkait dengan sasaran kajian dengan penerapan konsep produksi bersih pada industri kecil tahu.

Untuk menghasilkan tahu dengan kualitas tahu sesuai dengan yang diharapkan beberapa hal yang harus diperhatikan, antara lain:

- 1) kualitas bahan dasar;
- 2) ketepatan proses pengolahan;
- 3) kebersihan lingkungan kerja.

Proses pengolahan yang dilakukan secara sembarangan meskipun dengan menggunakan bahan dasar yang berkualitas tinggi tidak akan menghasilkan tahu dengan kualitas yang baik. Agar diperoleh

kualitas yang baik maka tahap-tahap pengolahan harus memenuhi standar proses pembuatan tahu. Sebagai misal, tahap perendaman harus dilakukan 8–12 jam dan menggunakan perendam air bersih.

Secara garis besar proses pembuatan tahu adalah serangkaian perlakuan terhadap kedelai yang meliputi penyortiran, perendaman, pencucian, penghancuran (penggilingan), pemasakan, penyaringan, penggumpalan, dan pencentakan serta pemasakan. Selain proses utama, terdapat kegiatan pendukung seperti penyediaan dan penyaluran air sebagai bahan pembantu utama, penyediaan energi untuk memasak dan pembuangan limbah (baik limbah padat seperti ampas tahu, sisa pembakaran bahan bakar biomassa, limbah cair, dan asap).

Hasil kajian dan pengamatan jenis teknologi yang digunakan di industri pengolahan tahu dan evaluasi teknologi yang dipakai secara lengkap disajikan pada Tabel 5.1. Evaluasi dilakukan secara kualitatif berdasar hasil pengamatan.

Tabel 5.1 Evaluasi Teknologi Pada Tahapan Proses Pembuatan Tahu (hasil studi di Kabupaten Subang dan Sumedang)

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
1.	Penyortiran 	Memisahkan kotoran dan benda asing selain kedelai	Manual, disortir dengan melihat secara visual ada atau tidak ada kotoran, kemudian dipisahkan dengan tangan	Bila kedelai yang digunakan ekspor, pengrajin tidak melakukan sortasi karena sudah bersih dari benda asing.
2.	Penimbangan 	Mendapatkan data berat bahan untuk sekali proses	Menimbang kedelai dalam karung atau menumpahkan kedelai ke ember yang sudah diketahui berat per volume	Penggunaan timbangan menghasilkan berat yang tepat. Penggunaan ember sebagai alat pengukur, akan menghasilkan berat kedelai tiap proses bervariasi.
3.	Perendaman 	Merendam kedelai agar mengembang dan lunak	Mengisi air ke dalam ember hingga kedelai terendam air seluruhnya	Jumlah air berdasarkan perkiraan, sehingga volume air yang terpakai tidak diketahui

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
4.	<p>Pencucian</p> 	<p>Menghilangkan lendir pada kedelai akibat perendaman dan menghilangkan kotoran ringan yang menggapung di permukaan air</p>	<p>Membuang air dalam ember perendam dan menyiram kedelai dengan air hingga kedelai tidak terasa licin atau mengganti air perendaman</p>	<p>Pencucian tidak merata karena curahan kedelai dalam ember tidak diaduk dengan baik. Waktu pengerjaan terlalu singkat. Tingkat kebersihan memengaruhi kualitas tahu (keawetan).</p>
5.	<p>Penggilingan biji kedelai</p> 	<p>Mengubah biji kedelai menjadi bubuk kedelai untuk melarutkan protein dalam air</p>	<p>Memasukkan kedelai ke dalam mesin penggiling tipe batu dengan menambah air</p>	<p>Curah biji kedelai dimaikkan dari ember/keranjang ke <i>hoper</i> (mesin penggiling) menggunakan gayung. Pengaturan air untuk penggilingan menggunakan keran. Debit air berdasarkan perkiraan (bisa berubah setiap proses). Perkiraan debit dengan melihat bubuk hasil gilingan.</p>

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
7.	<p>Penampungan dan pemindahan bubur kedelai</p> 	Menampung bubur kedelai dan memindahkan ke proses pemasakan	Bubur kedelai ditampung dengan ember bekas cat kemudian diangkat dan ditumpahkan ke bejana pemasakan	Pemindahan bubur kedelai memerlukan tenaga untuk menaikkan dari posisi lantai ke mulut bejana pemasakan kurang lebih setinggi 80 cm.
8.	<p>Pemasakan bubur kedelai</p> 	Melarutkan protein terlarut dalam air dan memasak bubur kedelai mematikan mikroba, menghilangkan bau langu, mempercepat proses penggumpalan	Menambah air dan memanaskan bubur hingga mendidih atau sampai pada suhu 85–100°C di dalam bejana dengan tungku bahan bakar sekam	Penambahan air menggunakan ember dengan ukuran jumlah air yang ditambahkan. Ukuran tingkat kemasakan berdasarkan pengamatan visual dari permukaan bubur atau "feeling" waktu. Harus dilakukan pengadukan

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
9.	Penyaringan 	Memisahkan protein larut dalam air (sari kedelai) dengan ampas	Menuangkan bubuk kedelai masak ke atas kain saring. Sari kedelai ditampung dalam bejana (bak) penggumpal. Untuk meningkatkan protein terlarut dan menurunkan suhu bubuk, dituangkan air dingin pada bubuk dalam kain saring	Pemindahan bubuk dengan cara diambil dengan gayung dengan volume terbatas dan dilakukan pada suhu $\pm 70^{\circ}\text{C}$. Dengan gayung bubuk sambil diaduk, tetapi operator bekerja pada suhu di atas normal.
10.	Pemerasan 	Mendapatkan sari kedelai (larutan protein) sebanyak-banyaknya. Disebut juga susu kedelai	Menggoyangkan bubuk kedelai di atas kain saring dengan menggerakkan kain saring secara bolak balik di atas kerangka besi dan melipat kain saring kemudian dilakukan penekanan	Menggerakkan kain saring dilakukan seorang dan pelaku berpindah pindah tempat atau dua orang dengan menarik kain saring bergantian. Ampas yang masih banyak mengandung larutan protein ditekan dengan cara operator berdiri di atas kain saring berisi ampas atau ditekan sistem tuas bambu
11.	Penggumpalan 	Mengubah protein larut dalam air menjadi tidak larut dalam air	Menambahkan asam cuka 5% atau manyon (biang) ke susu kedelai sedikit demi sedikit	Memerlukan pengalaman dan keterampilan pengrajin dalam menuangkan biang sesuai dengan karakteristik tahu yang diinginkan

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
12.	Pemisahan cairan 	Mengurangi cairan yang terpisah dengan gumpalan protein	Mengambil cairan (manyon) yang terpisah dengan gumpalan dengan gayung	Menggunakan saringan bambu untuk menahan gumpalan agar tidak ikut terbuang. Memerlukan keterampilan pengrajin dan kehati-hatian agar mendapatkan gumpalan sebanyak-banyaknya dengan kandungan air minimal
13.	Pemindahan gumpalan protein 	Memindahkan gumpalan protein dari bak penggumpalan	Mengambil gumpalan dengan gayung dari bak pengumpalan ke cetakan tahu	Dilakukan dengan gayung secara <i>batch</i> (non-kontinu) dari posisi lebih rendah ke meja cetakan dengan posisi lebih tinggi. Gumpalan protein sebagian tercecer dari gayung dan terbuang sehingga memerlukan keterampilan dan kehati-hatian.

No	Tahap proses	Tujuan	Teknologi (teknik)	Evaluasi
14.	Pencentakan 	Mendapatkan gumpalan protein padat atau disebut tahu	Membuang cairan yang masih bercampur dengan gumpalan dengan menekan gumpalan dalam kayu cetakan	Cairan yang masih banyak ber-sama gumpalan menyebabkan gumpalan ada yang keluar dari cetakan dan memerlukan waktu cukup lama, sesuai dengan beban untuk menekan atau spesifikkasi tahu yang diharapkan.
15.	Pembalikan cetakan dan pemotongan tahu 	Mendapatkan tahu dalam cetakan besar menjadi siap dipindahkan ke meja pemotongan	Membalikkan posisi tahu dalam cetakan dan dipindahkan ke meja pemotongan	Manual, perlu tenaga besar karena cetakan kayu cukup berat dan memotong tahu ukuran besar menjadi ukuran kecil sesuai kebutuhan pasar
16.	Pemasakan 	Mendapatkan tahu masak	Merebus tahu potongan kecil dalam bejana pemasakan	Ukuran kemasakan tahu relatif, tergantung pengalaman dan <i>feeling</i> pengrajin.

Pada bab ini akan dibahas hasil evaluasi pada tiap tahapan proses dan peluang alternatif teknologi tepat guna yang dapat menjadi pilihan untuk menggantikan teknik atau alat yang sudah digunakan dengan mempertimbangkan kriteria ketepatangunaan teknologi.

Sortasi atau Penyortiran

Tahap ini adalah melakukan tindakan terhadap bahan baku kedelai dengan tujuan memisahkan antara kedelai yang baik (bulat utuh, tidak luka, dan tidak busuk) dengan butir kedelai yang jelek (hitam dan berjamur). Selain itu, juga menghilangkan kotoran atau benda asing selain kedelai yang mungkin terbawa (tercampur). Kotoran pada biji kedelai dapat berupa tanah, kerikil, pasir, ranting, dan batang kedelai. Kedelai yang baik dan terbebas dari kotoran akan menghasilkan tahu yang baik, awet, dan aman bagi konsumen yang mengonsumsinya. Sortasi dilakukan pada biji kedelai kering sebelum direndam.

Biji kedelai dari varietas lokal yang berasal dari budi daya di Indonesia biasanya masih banyak mengandung kotoran dan biji kurang baik. Hal ini karena sebagian besar kedelai dari varietas lokal dihasilkan dari petani yang kurang memperhatikan penanganan pascapanen yang baik. Hasil pengamatan di pabrik tahu (dari seluruh responden), menunjukkan bahwa bahan baku kedelai untuk pembuatan tahu menggunakan kedelai varietas nonlokal atau kedelai impor. Kedelai ini biasanya berasal dari Amerika Serikat. Kedelai impor dicirikan dengan ciri-ciri bulir kedelai tampak bersih dengan warna yang terang, bulir kedelai memiliki ukuran yang besar, dan hasil yang didapatkan umumnya lebih banyak dibanding kedelai lokal (<http://bangkittani.com/2009/11/dibutuhkan-kedelai-lokal-30-ton-per-bulan/> diakses tanggal 7 Desember 2009). Dengan ciri-ciri seperti tersebut maka para pengrajin tahu tidak melakukan sortasi kedelai pada persiapan pembuatan tahu. Bila terdapat kotoran dipisahkan secara manual dengan tangan karena jumlah kotoran tidak banyak.

Pada rumah produksi tahu di KAGUMA Seyegan Kabupaten Sleman, tersedia alat sortasi (lihat Gambar 5.1), tetapi alat ini tidak

digunakan karena kurang efektif, dalam arti kotoran yang dipisahkan tidak banyak, sementara untuk mengoperasikannya memerlukan waktu dan tenaga.

Tahapan sortasi, baik dengan cara ditampi atau menggunakan alat seperti pada Gambar 5.1, akan dirasa efektif dan diperlukan bila kedelai yang akan digunakan adalah kedelai lokal. Dari hasil survei, pengrajin yang menggunakan kedelai lokal hanya berkisar 10% dan sebagian besar menggunakan kedelai impor.

Penimbangan

Penimbangan adalah kegiatan untuk mendapatkan data jumlah bahan baku kedelai yang diproses menjadi tahu. Jumlah kedelai dengan penimbangan berupa berat. Jumlah atau berat kedelai akan menjadi dasar dan menentukan jumlah kebutuhan bahan penunjang lainnya, seperti air, bahan penggumpal (Chioko/batu tahu atau air biang). Selain itu, juga digunakan sebagai dasar untuk mendapatkan waktu pada setiap tahapan proses (menggiling dan memasak) sampai mendapatkan data berapa jumlah atau banyaknya tahu yang dihasilkan dalam jumlah ancak (cetakan) atau potongan. Pada ujung analisis di-



Gambar 5.1 Alat Sortasi Biji Kedelai

gunakan untuk menentukan harga jual tahu, agar pengrajin mendapat keuntungan dan masih diterima oleh konsumen.

Pada praktik sehari-hari untuk kepentingan proses, kedelai tidak ditimbang. Ukuran atau jumlah diukur menggunakan ember atau wadah yang biasa digunakan dan diketahui volumenya. Sebagai contoh, dengan mengisi ember dengan volume tertentu maka kisaran berat kedelai yang akan diproses mudah diketahui. Bila terjadi perbedaan jumlah kedelai pada setiap *batch* proses, tahu yang dihasilkan tidak akan mempunyai ukuran berat yang seragam. Ukuran (berat) tahu yang dihasilkan tidak saja tergantung dari berat awal kedelai yang tepat, tetapi dipengaruhi juga oleh faktor lain dalam proses, seperti tingkat kehalusan bubur kedelai hasil penggilingan, ekstrasi protein pada saat penyaringan dan pemerasan serta saat penggumpalan. Penimbangan kedelai pada tahap awal harus dibarengi dengan pelaksanaan setiap tahap proses yang baku pula sehingga kontrol kualitas hasil akhir tahu dapat dicapai.

Penimbangan kedelai dilakukan bila pengrajin baru membeli kedelai dari penjual yang datang ke pabrik atau untuk keperluan data penyimpanan atau perhitungan pengeluaran biaya produksi. Pada pabrik-pabrik tahu tersedia alat timbang, baik alat timbang duduk (timbangan kodok) atau timbangan pegas (gantung) maupun timbangan neraca gantung lihat Gambar 5.2.



Gambar 5.2 Timbangan Duduk dan Pegas

Perendaman

Tahapan perendaman kedelai bertujuan untuk melunakkan biji kedelai karena terjadi imbibisi air ke dalam biji. Kedelai yang lunak dan mengandung kadar air tinggi akan memudahkan dalam penggilingan. Perendaman dilakukan pada ember plastik (hitam) ukuran 20 liter atau ember bekas cat tembok ukuran 20 liter. Air yang digunakan adalah air bersih dari sumur dengan suhu kamar. Perendaman dilakukan selama 1–2 jam dan ini bervariasi antara satu IKM dengan IKM lainnya. Ada yang mencapai 4 jam. Jumlah air yang digunakan ditentukan dengan melihat bahwa kedelai sudah terendam seluruhnya. Hasil pengukuran permukaan air berada 3–4 cm di atas permukaan kedelai. Cara ini sudah cukup tepat, meski air yang dituangkan tidak diukur volumenya.

Air sisa perendaman dapat digunakan untuk merendam biji kedelai untuk *batch* proses berikutnya. Dengan cara ini kebutuhan air untuk perendaman berikutnya dapat berkurang dan dari total air untuk pengolahan tahu juga berkurang. Sisa air perendaman secara kuantitas berkurang, tetapi secara kualitas masih baik dan dapat digunakan untuk menambah air perendaman yang baru. Dari Tabel 3.1 diketahui sisa air perendaman untuk kedelai 10 kg sebanyak 29,5 liter dari jumlah air awal sebanyak 33,2 liter (PPBN 2006). Sebanyak 3,7 liter terserap ke dalam kedelai. Jika sisa perendaman ini digunakan lagi maka air bersih yang diperlukan hanya 3,7 liter. Secara kualitas, yang diukur dari keasaman (pH) air rendaman, pH air sisa masih berkisar 5,7–6,0. Nilai pH ini masih dapat digunakan dan tidak menyebabkan rasa asam pada kedelai karena masih tergolong air netral.

Suhu air yang digunakan adalah suhu kamar yaitu sekitar 27–30°C. Waktu perendaman dapat dipercepat, bila menggunakan air dengan suhu yang lebih tinggi, sekitar 80°C. Air hangat dapat diperoleh dari air yang sudah dipanaskan dengan membuat bak dan tungku khusus untuk memasak air, di mana sumber panas memanfaatkan panas tersisa dari tungku pemasakan utama.

Setelah proses perendaman dianggap cukup, kedelai dimasukkan ke dalam mesin penggiling. Air perendaman biasanya tersisa, artinya tidak semua air terserap oleh biji kedelai. Air sisi ini dibuang bersama kotoran dan biji yang mengapung. Air ini sebenarnya masih bisa dimanfaatkan untuk merendam biji kedelai untuk proses *batch* berikutnya. Dengan menuangkan air sisa ke bak lain melalui penyangring akan diperoleh air relatif bersih dan dapat digunakan sebagai tambahan perendaman berikutnya.

Pencucian

Biji kedelai yang sudah direndam kemudian dipisahkan dengan air rendaman yang masih tersisa. Sisa air rendaman dibuang bersama kotoran yang mengapung. Kedelai kemudian dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan lendir yang timbul saat perendaman. Air bekas pencucian dibuang ke saluran pembuangan yang pada gilirannya menjadi limbah yang menjadi bahan polusi pada saluran umum.

Menggunakan konsep produksi bersih, pada proses pencucian dapat dilakukan prinsip *re-use* atau pemakaian ulang air bekas pencucian. Air bekas pencucian *batch* pertama digunakan untuk merendam atau mencuci biji kedelai untuk *batch* proses berikutnya. Dengan cara ini kebutuhan air untuk perendaman atau pencucian berikutnya dapat berkurang dan dari total air untuk pengolahan tahu juga berkurang. Bekas air pencucian secara kuantitas hanya sedikit berkurang atau hampir tidak berkurang, tetapi secara kualitas perlu dilakukan penyangringan untuk memisahkan kotoran yang terbawa. Lendir yang timbul pada kedelai dan terbawa pada air bekas cucian konsentrasinya masih rendah dan tidak akan menurunkan kualitas pencucian sehingga air masih layak digunakan untuk perendaman atau pencucian. Menurut PPBN (2006), air cucian atau rendaman dapat digunakan 2–3 kali sebelum akhirnya dibuang melalui saluran limbah cair.

Penggilingan

Penggilingan adalah proses pengecilan ukuran terhadap biji kedelai yang akan diproses menjadi tahu. Pengecilan ukuran bertujuan memperluas permukaan partikel biji kedelai agar protein dalam kedelai dapat dipisahkan dengan bagian lain dengan cara protein dilarutkan dalam air. Tahap penggilingan juga bisa disebut sebagai pembuburan karena dalam penggilingan biji kedelai dicampur dengan air agar tenaga mesin untuk menghancurkan tidak besar dan mendorong hancuran kedelai cepat keluar. Dalam proses penggilingan sudah terjadi ekstraksi atau pelarutan protein dalam air karena adanya penambahan air.

Teknologi penggilingan sudah dilakukan dengan tepat pada seluruh pabrik tahu yang diamati. Peralatan yang digunakan adalah mesin penggiling tipe batu dengan dua pasang batu berdiri vertikal sebagai bagian yang menghancurkan biji kedelai. Beberapa pengrajin tahu menggunakan mesin dengan ukuran lebih besar daripada kapasitas produksi harian yang dilakukan sehingga bila pemilihan ukuran mesin dapat disesuaikan dengan kapasitas produksi harian maka akan dapat menghemat modal awal untuk membeli mesin dan biaya bahan bakar untuk operasional.

Penambahan air dalam proses penggilingan menggunakan air dengan suhu kamar atau air dingin (dari sumber air). Proses ini dapat diperbaiki bila air yang digunakan menggunakan air hangat atau panas (60–80°C). Hal ini akan membantu memperbaiki proses pelarutan protein kedelai dalam air dan pada saat pemasakan bubur sudah dalam keadaan hangat. Air hangat dapat disediakan dari pemasakan pada ketel-ketel yang memanfaatkan panas terbuang. Untuk mendapatkan hasil hipotesis ini perlu dilakukan pengamatan terhadap jumlah protein terlarut dalam proses penggilingan atau pada kadar protein tahu atau ampas tahu.

Penempatan mesin penggiling dapat diletakkan pada posisi yang lebih tinggi daripada ketel pemasak bubur sehingga bubur hasil gilingan kedelai dapat dimasukkan ke ketel dengan cara gravitasi (dengan

mekanisme keran). Hal ini dimaksudkan agar dapat meringankan beban kerja operator dan mengurangi kontaminasi karena tidak menggunakan ember dan tangan operator dalam proses pemindahan bahan.

Pemasakan bubur kedelai

Pemasakan bubur kedelai akan lebih baik bila menggunakan uap panas yang disalurkan dari pembangkit uap ke ketel pemasakan. Cara ini akan mempercepat waktu pemasakan, menghindari kontaminasi bubur dari asap dan abu pembakaran bila menggunakan tungku sekam atau biomassa lainnya, menghindari terjadinya kerak pada dasar ketel, dan mengurangi panas pada ruang proses karena tungku pemasak air pembangkit uap ditempatkan di luar ruang proses. Uap disalurkan melalui pipa-pipa uap yang dilapisi isolasi. Penggunaan uap untuk memasak memerlukan investasi awal yang relatif besar, dan ini memberatkan pengrajin. Di sentra pabrik tahu di Kecamatan Blanakan Kabupaten Subang ditemukan satu pengrajin yang menggunakan uap untuk memasak bubur kedelai sejak tahun 1994 hingga tahun 2009 dan secara ekonomi masih menguntungkan.

Penyaringan

Penyaringan bubur kedelai bertujuan untuk mendapatkan sari kedelai (protein terlarut dalam air). Hasil samping proses ini adalah ampas yang mengandung banyak serat. Menurut Astawan dan Astawan (1991) ekstraksi protein pada kedelai dipengaruhi oleh ukuran partikel, umur tepung, perlakuan panas sebelumnya, rasio pelarutan, suhu, pH, dan kekuatan ion dari medium pengekstrak. Pada tahap sebelumnya pengecilan ukuran partikel pada penggilingan dan pemasakan sesungguhnya bertujuan untuk mengoptimalkan sari kedelai yang terekstraksi. Rasio penambahan air pada ekstraksi kedelai oleh pengrajin tahu biasanya dilakukan berdasarkan pengalaman. Penambahan air pada saat ekstraksi sesungguhnya dapat meningkatkan protein terlarut yang terekstrak.

Pada umumnya pengrajin tahu menggunakan kain saring yang dilengkapi rangka besi berbentuk kerucut (Sunda: tahang) dan menampung sari kedelai pada bak-bak penyaringan (Sunda: tampo). Model ekstraksi seperti ini sesungguhnya masih dapat dioptimumkan. Teknologi tepat guna yang berpeluang diterapkan adalah penggunaan ekstraktor yang lebih modern. Ekstraktor dapat berupa *spinner* yang mempunyai prinsip kerja sama dengan pengering pada mesin cuci. Selain pengoptimalan hasil ekstraksi, penggunaan tenaga kerja juga harus diperhatikan karena menyangkut biaya produksi. Penggunaan kain saring yang dilengkapi dengan kerangka kerucut (Sunda: tahang) dirasa kurang efisien karena membutuhkan dua tenaga kerja untuk mengoperasikan. Peluang penerapan TTG pada proses ini yaitu dengan menggantungkan kain saring pada gantungan pipa berbentuk palang sehingga peralatan ini dapat dioperasikan oleh satu orang tenaga kerja.

Penggumpalan

Penggumpalan bertujuan untuk mengubah protein larut dalam air menjadi tidak larut dalam air. Penggumpalan protein bergantung pada titik iso elektrik dari protein yang terlarut dalam air. Jika ada gangguan (penambahan asam, basa atau garam) pada titik iso elektrik kelarutan protein akan bergeser yang mengakibatkan protein akan mengendap. Pada umumnya pengrajin tahu menggunakan larutan yang bersifat asam untuk mengendapkan protein tahu terlarut. Larutan asam ini diperoleh dari *whey* yang didiamkan selama 24 jam. *Whey* masih banyak mengandung unsur karbon dan nitrogen sehingga merupakan substrat yang baik untuk pertumbuhan mikroorganisme yang menghasilkan metabolit sekunder berupa asam. Asam inilah yang digunakan untuk menggeser titik iso elektrik pada protein terlarut sehingga terjadi pengendapan. Selain menggunakan asam, ada juga pengrajin tahu yang menggunakan garam ($\text{shiko}/\text{CaSO}_4$) untuk mengendapkan protein. Fungsi garam ini sama dengan fungsi larutan asam yaitu untuk menggeser titik iso elektrik pada protein terlarut agar terjadi pengendapan protein. Peluang teknologi tepat guna pada

tahapan ini yaitu melakukan proses produksi secara terukur baik berupa penambahan *whey* (kecutan) menggunakan gelas ukur sederhana maupun pengukur pH menggunakan indikator pH sehingga bisa dilakukan kontrol pada proses penggumpalan. Proses produksi yang terukur memudahkan pekerja melakukan pengendalian produksi dan memudahkan repetisi (pengulangan) jika produksi dilakukan oleh pekerja yang berbeda.

Pemisahan Cairan dengan Protein yang Telah Mengendap (terkoagulasi) Pada Bak-Bak Pengendapan

Pemisahan cairan dengan protein yang mengendap (terkoagulasi) bertujuan untuk mengurangi cairan pada proses pencetakan. Pengurangan cairan ini berhubungan dengan tingkat kepadatan, tekstur, dan lama proses pencetakan. Semakin banyak air yang terkandung pada tahu maka kepadatannya berkurang dan tahu akan mudah hancur. Para pengrajin tahu pada umumnya memisahkan cairan dengan endapan menggunakan gayung. Pada bak pengendapan yang berisi endapan protein diberi saringan bambu agar endapan/gumpalan protein yang tidak ikut terbuang. Proses ini memerlukan tingkat keterampilan yang tinggi pada pekerja. Peluang penerapan teknologi tepat guna pada tahapan ini adalah dengan menerapkan pelatihan-pelatihan *in house training* bagi pekerja oleh IKM tahu yang bersangkutan.

Pemindahan Gumpalan Protein ke dalam Loyang-loyang Pencetakan

Dalam memindahkan gumpalan protein dari bak penggumpalan ke dalam loyang-loyang pencetakan para pekerja pada IKM tahu menggunakan gayung secara *batch* (non-kontinu) dari posisi rendah ke meja cetakan dengan posisi lebih tinggi. Gumpalan protein bisa saja tercecer pada tahap ini yang mengakibatkan penurunan *yield* (rendemen). Peluang teknologi tepat guna pada tahap ini adalah dengan menempatkan bak-bak pengendapan lebih tinggi daripada loyang-loyang pencetakan sehingga endapan (gumpalan) protein

dapat dialirkan dengan gaya gravitasi untuk mengurangi endapan tahu yang tercecer.

Pencetakan

Proses pencetakan bertujuan untuk mendapatkan gumpalan protein padat atau yang disebut tahu. Proses ini dilakukan menggunakan loyang pencetakan yang terbuat dari kayu. Proses pencetakan dilakukan untuk mengurangi air yang ada pada gumpalan protein tahu. Pada beban penekanan yang sama semakin banyak air yang terdapat pada gumpalan protein dari bak pengendapan maka proses pencetakan akan semakin lama. Biasanya para pengrajin tahu tidak memperhatikan banyaknya air yang terdapat pada endapan/gumpalan tahu yang diperoleh pada bak pengendapan. Penambahan lubang pembuangan air pada loyang pencetakan akan mempercepat air (*whey*) keluar sehingga waktu produksi lebih singkat.

D. Proses

Merujuk pada unit pengolahan tahu KSM Mandiri Lestari Semarang yang telah menerapkan konsep produksi bersih sehingga tercapai efisiensi proses 77,44%. Adapun pengrajin Subang dan Sumedang efisiensi prosesnya masih 69,38–71,37% maka seluruh tahapan proses pengolahan tahu di Subang-Sumedang dievaluasi secara rinci, sebagai berikut.

- 1) Penggunaan air panas (60–90°C) untuk proses ekstraksi protein yang dimulai sejak penggilingan sampai penyaringan.
- 2) Penggunaan kembali (*re-use*) air bekas pencucian untuk air perendaman tahap selanjutnya.
- 3) Proses penggumpalan perlu memperhatikan produk akhir yang diinginkan yaitu tahu sayur atau tahu goreng. Teknik penambahan *whey* pada sari kedelai memengaruhi tekstur tahu. Untuk tahu sayur, *whey* ditambahkan secara langsung dalam jumlah banyak.

Adapun untuk tahu goreng, penambahan *whey* dilakukan sedikit demi sedikit sehingga tekstur tahu menjadi porus atau berongga.

- 4) Kandungan protein tahu Subang dan Sumedang masih di bawah syarat mutu SNI 01-3142-1998 di mana protein tahu Subang dan Sumedang berkisar 6%, sedangkan SNI tahu minimal 9%. Peningkatan kadar protein tahu dapat dilakukan dengan penggunaan air panas pada proses ekstraksi (Nol pada tahapan ini) dan optimasi tingkat keasaman (pH) penggumpalan yaitu pada pH isoelektrik protein kedelai (4,1–4,6).

E. Energi

- 1) Sistem pemasakan dengan sistem uap meningkatkan efisiensi energi, waktu, higienitas ruang produksi, dan higienitas produk karena tidak ada debu dan asap yang berpotensi untuk mencemari produk (tahu).
- 2) Penggunaan gas LPG sebagai sumber energi menghasilkan efisiensi panas lebih tinggi dan lebih bersih.
- 3) Tungku dimodifikasi agar panas terbuang, baik melalui cerobong maupun suhu tinggi dalam ruang produksi yang dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air untuk kepentingan ekstraksi.

F. Alat

- 1) Penggunaan kain saring pada proses penyaringan sebaiknya menggunakan sistem penyaringan gantung untuk mengurangi jumlah operator penyaringan.
- 2) Tungku pemasakan air diubah dari tungku panas langsung menjadi sistem boiler (ketel uap). Penggunaan ketel uap mengurangi waktu pemasakan dari satu jam menjadi 20 menit.
- 3) Tungku pembangkit uap air diletakkan terpisah dari ruang produksi agar panas yang dihasilkan dari tungku tidak meningkatkan suhu dalam ruang produksi sehingga tidak mengganggu

kenyamanan kerja pekerja. Asap dan abu proses pembakaran tidak mengontaminasi ruang produksi dan produk.

- 4) Penerapan sistem gravitasi dan pemipaan dalam pemindahan bahan pada setiap tahapan proses akan meminimalkan kontaminasi produk, mengurangi tenaga kerja, dan kenyamanan kerja pekerja.
- 5) Penggunaan *spinner* untuk penyaringan sari kedelai hasil pemasakan akan meningkatkan kebersihan produk, efisiensi proses, dan meningkatkan jumlah protein terlarut.
- 6) Pemanfaatan limbah cair untuk biogas dapat mensubstitusi sebagian bahan bakar. Kualitas *effluent* dari sistem biogas menjadi lebih baik (turunnya nilai BOD dan COD) sehingga tidak mencemari lingkungan sekitarnya.

Bab 6 Penutup



Sumber: Foto koleksi penulis

Pengrajin tahu menyaring bubur kedelai di Sleman.

Penerapan produksi bersih pada industri kecil tahu dapat difokuskan pada aspek proses dan energi. Beberapa hal yang dapat direkomendasikan antara lain meliputi.

- 1) Pengurangan (*reduce*), seperti penggunaan alat ukur air (literan) atau ember yang terukur akan mendapatkan jumlah air yang tepat dalam proses perendaman maupun tahapan lainnya yang memerlukan sejumlah air. Penggunaan kembali (*re-use*) air pada perendaman sebelumnya untuk perendaman *batch* berikutnya akan mengurangi keperluan air bersih dan mengurangi limbah air yang terbuang. Pemanfaatan air limbah (*whey*) sebagai bahan penggumpal dan tidak menggunakan bahan penggumpal lainnya (misalnya: batu tahu/sioko) merupakan langkah *recovery* yang dapat mengurangi limbah yang terbuang.
- 2) Penggunaan air panas pada proses ekstraksi, pengendalian pH pada proses penggumpalan akan meningkatkan jumlah produk tahu yang dihasilkan dan mengurangi limbah cair. Air panas (suhu sekitar 60°C) dapat memanfaatkan panas terbuang yang keluar dari cerobong asap atau keluaran udara panas dari tungku pemasakan.
- 3) Ditinjau dari aspek energi dapat direkomendasikan penggunaan uap air (pemasakan dengan *hot steam*) untuk seluruh tahapan pemasakan atau penggunaan tungku hemat energi atau pemanfaatan gas LPG sebagai bahan bakar. Pemanfaatan biogas dari limbah cair akan meningkatkan efisiensi penggunaan energi.
- 4) Hasil pengkajian efisiensi proses pada industri kecil pengolahan tahu di Sumedang adalah 71,37% dan Subang 71,32%. Hasil pengkajian energi industri kecil pengolahan tahu di Sumedang adalah 65,70% dan Subang 47,45%.
- 5) Rekomendasi teknis pemanfaatan teknologi tepat guna pada penerapan produksi bersih pada industri kecil pengolahan tahu untuk meningkatkan efisiensi proses yang akan berdampak pada pengurangan tingkat pencemaran lingkungan yaitu pengendalian pemanfaatan air akan mengurangi air dengan basis 10 kg kedelai membutuhkan 178 liter air proses dan menghasilkan air limbah 50 liter. Adapun IKM tahu Subang-Sumedang untuk 10 kg kedelai membutuhkan air 228 liter dan menghasilkan limbah

cair 160 liter. Penggunaan teknologi tepat guna ketel uap (*boiler*) untuk seluruh proses produksi tahu yang membutuhkan panas meningkatkan efisiensi energi.

- 6) Untuk mendapatkan nilai tambah ekonomi dari penerapan produksi bersih dengan pemanfaatan teknologi tepat guna yang direkomendasikan perlu dilakukan pengkajian lebih lanjut yang lebih rinci pada aspek tekno ekonomi dalam setiap tahapan proses.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A. dan Tri Radiyati. 1999. *Alib Teknologi: Konsep, Tujuan dan Strategi. Kerjasama JICA dan UPT*. Subang: Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna.
- Alaerts, G. dan Santika, S.S. 1984. *Metoda Penelitian Air*. Surabaya: Usaha Nasional.
- Arundhati, S.T. 2008. "Regulatory Aspect and Implementation of Cleaner Production in Indonesia". Disampaikan dalam *Tranning Course on Cleaner Production Technology for Virgin Coconut Oil (VCO) of Food Industry for ASEAN Countries*, Jakarta.
- Astawan, M. dan M.W. Astawan. 1991. *Teknologi Pengolahan Pangan Nabati Tepat Guna*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- Badan Standarisasi Nasional. 1998. *SNI Tabu*. Jakarta:BSN.
- BPS. 2006. *Kabupaten Sumedang dalam Angka*. Katalog BPS: 1403.3211. Sumedang.
- BPS. 2007. *Subang dalam Angka*. Katalog 3213.0601. Subang.
- DisperindagSar Kabupaten Subang. 2008. *Daftar Industri Tabu di Kabupaten Subang*. Subang: DisperindagSar.
- DisperindagSar Kabupaten Subang. 2010. *Daftar Industri Tabu di Kabupaten Subang*. DisperindagSar, Subang.
- Disperindag Kabupaten Sumedang. 2009. *Daftar Industri Tabu Tempe di Kabupaten Sumedang*. Disperindag, Sumedang.
- Disperindag Kabupaten Sumedang. 2010. *Daftar Industri Tabu Tempe di Kabupaten Sumedang*. Disperindag, Sumedang.
- DisperindagKop, Kabupaten Sleman Yogyakarta. 2008. *Data Industri Kabupaten Sleman*. DisperindagKop, Kabupaten Sleman.

- Francis, R. L. and John A. White. 1974. *Facility layout and location: an analytical approach*. Prentice-Hall.
- Fujitsuka, T. 2008. “Regulatory Aspect and Implementation of Cleaner Production”. Disampaikan dalam *Tranning Course on Cleaner Production Technology for Virgin Coconut Oil (VCO) of Food Industry for ASEAN Countries*, Jakarta.
- Holman, J.P. 1997. *Perpindahan Kalor*. Alih Bahasa oleh Jasjifi, E., Edisi ke-6. Jakarta: Erlangga.
- <http://www.subang.go.id/index.php>. “Profil Pemerintah Kabupaten Subang”. Diakses tanggal 19 November 2009.
- <http://www.sumedang.go.id>. “Profil Pemerintah Kabuaptan Sumedang”. Diakses tanggal 19 November 2009.
- <http://www.pertanian.go.id/Indikator/tabe-15b-konsumsi-rata.pdf>. “Tabel 15.b. Konsumsi Rata-rata per Kapita Setahun Beberapa Bahan Makanan di Indonesia, 2009–2012”. Diakses tanggal 19 Februari 2013.
- <http://www.unep.fr/scp/cp/>. “Resource Efficient and Cleaner Production”. Diakses tanggal 13 Agustus 2013.
- <http://www.en.wikipedia.org/wiki>. “Appropriate_technology”. Diakses tanggal 13 November 2009.
- <http://bangkittani.com/kiat-sukses/dibutuhkan-kekelai-lokal-30-ton-per-bulan/>. Diakses tanggal 7 Desember 2009.
- Maryam, S. 2007. *Penentuan Subu Optimal Air Saat Menggiling Kedele untuk Menghasilkan Tabu Berkualitas*. Undiksha: Jurusan Pendidikan Kimia Fakultas MIPA.
- Noor, E. 2006. “Produksi Bersih”. Presentasi dalam *Pelatihan Doses PTN dan PTS se-Jawa Bali dalam Audit Lingkungan*.
- Parnanto, N.H.R. 2008. Teknologi Pengolahan dan Pemanfaatan Limbah Industri Tahu. *Jurnal Teknologi Hasil Pertanian*, ISSN: 1979-0309 Vol I No. 1 Februari 2008, UNS, Surakarta.
- Pusat Produksi Bersih Nasional (PPBN). 2006. *Panduan Penerapan Produksi Bersih Industri Kecil Tabu*. Jakarta: PPBN.
- Radiati, T. 2002. *Teknologi Pembuatan Tabu dan Tempe*. Seri Inovasi Teknologi Tepat Guna. Subang: B2PTTG LIPI.
- Romli, M. 2008. “Cleaner Production in the Manufacturing of Virgin Coconut Oil (VCO)”. Disampaikan dalam *Training Course on Cleaner Production Technology for Virgin Coconut Oil (VCO) of Food Industry for ASEAN Countries*, Jakarta.

- Salim, T. dan Sriharti. 1996. *Sanitasi Lingkungan Pada Industri Tahu*. Subang: BPTTG Puslibang Fisika Terapan LIPI.
- Saputri, S.D. dan Syarifa A. K. 2009. “Pengaruh Lama Pemasakan dan Temperatur Pemasakan Kedelai terhadap Proses Ekstraksi Protein Kedelai untuk Pembuatan Tahu”. *Makalah Seminar Tugas Akhir*. Universitas Diponegoro. Semarang. <http://www.clicktoconvert.com>. Diakses: 20 Agustus 2013.
- Saragih, Yan Pieter; Sarwono, B. 2001. *Membuat Aneka Tahu*. Depok: Penebar Swadaya.
- Sharif, N. 1992. “Technological dimensions of international cooperation and sustainable development”. *Technological Forecasting and Social Change*. Volume 42, Issue 4, December 1992, Pages 367–383.
- Seels, B. B. & Richey, R. C. 1994. *Instructional technology: The definition and domains of the field*. Bloomington, IN: Association for Educational Communications and Technology.
- Suhaidi, I. 2003. *Pengaruh Lama Perendaman Kedelai dan Jenis Zat Penggumpal terhadap Mutu Tahu*. Fakultas Pertanian, Jurusan Teknologi Pertanian, Universitas Sumatera Utara. USU Digital Library.
- Suprpti, M.L. 2005. *Pembuatan Tahu, Seri Pengolahan Pangan*. Yogyakarta: Penerbit Kanisius.
- Supriadi, G. 2003. *Membuat Susu Kedelai dan Tahu*. Jakarta: Departemen Pendidikan Nasional.
- Supriyanto, Mamat. 1994. *Modifikasi Tungku Industri Pengrajin Tahu*. Subang: BPTTG Puslitbang Fisika Terapan LIPI.
- Tim Penyusun Pusat Kamus. 1990. *Kamus Besar Bahasa Indonesia*. Jakarta: Balai Pustaka.

INDEKS

A

Air biang, 11, 40, 49–52, 63–67, 83, 94

Air Limbah, 34, 38, 41, 55, 65, 68, 69, 73, 83, 106

Ampas, 4, 11, 12, 13, 14, 38, 40, 41, 48, 51, 53, 54, 63–67, 69, 71, 72, 75, 77,
78, 86, 90, 98, 99

Ampas kedelai, 40, 51, 54, 63, 65, 66, 67

Ampas tahu, 4, 12, 13, 14, 38, 41, 71, 72, 86, 98

Asam cuka, 11, 90

B

Baku mutu, 4, 9, 38

Batch, 45, 53, 63, 95, 96, 97, 101, 106

Batu tahu, 11, 35, 94, 106

Biomassa, 86, 99

Biogas, 4, 104, 106

BOD, 14, 72, 73, 104

Boiler, 4, 74, 103, 107

By product, 33

C

CaCl₂, 11

CaSO₄, 11, 35, 100

Cetakan tahu, 50, 64, 91

Cluster, 31, 32, 42

COD, 72, 73, 104

Cuka manis (*vinegar*), 12

D

Daur ulang, 4

Dampak lingkungan, 2, 4, 41, 83

Denaturasi, 52

Dispersi, 46, 59

Disc Mill, 36, 43, 46, 47, 59, 60

E

Efisiensi energi, 36, 53, 75, 77, 78, 103, 107

Efisiensi produksi, 41

Efisiensi proses, 2, 6, 36, 40, 52, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 83, 102, 104, 106

Effluent, 38, 104

Ekstraksi, 3, 4, 37, 48, 49, 52, 59, 63, 64, 70, 106

Ekstraksi protein, 10, 46, 70, 99

Ekstraktor, 100

Emisi, 3, 38

End pipe, 5

Engkos OT, 58–63, 65–70, 72, 74, 76, 77

Evaluasi teknologi, 86, 87

F

Filtrat, 48, 63

G

Gaya gravitasi, 102

Gravitasi, 98, 104

H

Hopper, 46, 59

I

Input, 35, 36, 39, 40, 65, 66, 67, 70

Industri Kecil dan Menengah, 80

IPAL, 34, 38, 41, 72, 73

Isoelektrik, 103

J

Jantu, 35

K

Kain batis, 11

Kain blacu, 43, 48, 63

Kain saring, 11, 43, 48, 60, 90, 100, 103

Kapasitas produksi, 2, 14, 17, 21, 22, 25, 26, 29, 30, 31, 46, 51, 98

Kayu bakar, 5, 13, 36, 61, 63

Kecap, 14

Kecutan, 35, 37, 40, 41, 49, 51, 64, 65, 66, 67, 101

Ketel uap, 37, 38, 43, 46, 47, 103, 107

Kerupuk, 14, 17

Koagulan (bahan pengendap), 8

Kontaminasi mikrobiologi, 52

Konversi, 74

Konveksi, 74,

L

Limbah cair, 3, 5, 12, 13, 14, 32, 37, 38, 40, 41, 52, 65, 66, 67, 68, 70, 72, 73, 86, 97, 104, 106

Limbah padat, 13, 14, 36, 38, 40, 41, 52, 65, 66, 67, 72, 86

M

Masa simpan, 52

Mikroba, 5, 7, 89

N

Nata de soya, 4, 12

Neraca energi, 52, 73, 75, 77, 78, 53

Neraca massa, 6, 39, 40, 50, 51, 52, 66, 68, 69

O

Oncom, 4, 14, 17, 25, 24, 38, 72

Output, 33, 35, 38, 39, 40, 65, 66, 70, 72, 73

P

Pati, 51–52

Pemasakan bubur kedelai, 11, 35, 37, 48, 51, 52, 53, 54, 59, 61, 67, 68, 71, 74, 75, 76, 99

Pencetakan tahu, 11, 37, 43, 50, 64

Pencucian kedelai, 3, 9, 36
Penggilingan kedelai, 9, 10, 36, 46, 59, 79
Penggumpalan sari kedelai, 35, 37, 58
Penyaringan bubur kedelai, 37, 38, 99
Perebusan, 9, 37, 42, 46, 47, 49, 50
Perendaman kedelai, 9, 36, 38, 45, 46, 59, 96
Pencemaran, 4, 6, 12, 32, 33, 72, 106
pH, 14, 37, 42, 45, 49, 53, 58, 64, 72, 73, 96, 99, 101, 103, 106
Polutan, 3, 6
Preventif, 33, 34, 41
Putra Subang, 57, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 67, 68, 69, 70, 72, 73, 74, 76

R

Recovery, 3, 4, 106
Recycle, 3
Recycling, 4
Reduce, 3, 106
Reduction, 3, 4
Repetisi (pengulangan), 101
Re-think, 3
Re-use, 3, 97
Rendemen, 40, 52, 63-67, 101
Rumah produksi, 3, 41, 44, 45, 46, 57, 93

S

Sari Bumi, 57, 58, 59, 60, 61, 63, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76,
Sekam, 5, 6, 13, 14, 48, 61, 63, 76-77, 89, 99
Sentra industri, 2, 3, 16

Sioko, 35, 106
Spinner, 100, 104
Sortasi, 9, 42, 57, 87, 93, 94
Stainless steel, 43, 47, 49, 60, 61, 63
Steam, 37, 106
Sterilisasi, 52
Survei, 1, 5, 13, 17, 19, 25, 26, 32, 54, 57, 74, 76,94
Suspensi, 46, 59
Syarat mutu , 2, 7, 35, 70, 103

T

Tata letak (layout), 5, 41, 54, 55
Tahu goreng, 38, 64, 102, 103
Tauco, 14
Teknologi tepat guna, 79, 83–85, 93, 100–101, 106, 107
Tepung gips, 12
Tungku, 4, 10, 11, 13,37–38, 54, 59, 61-62, 74-76, 93, 96, 99, 103, 106

U

UNEP, 2, 83
Usaha kecil, 1, 80-85
Usaha mikro, 80, 81
Usaha menengah, 81, 82
Utilitas, 13

V

Vibratory screen, 42

W

Whey, 3, 4, 11, 12, 13, 43, 49, 50, 52, 53, 54, 60, 63, 64, 69, 75, 77, 78, 83, 100, 101, 102, 103, 106

Y

Yield, 40, 52, 63, 66, 67, 75, 101

Z

Zat antinutrisi (*trypsin inhibitor*), 11

TENTANG PENULIS



Doddy A. Darmajana lahir di Madiun, Jawa Timur pada tahun 1960. Pendidikan terakhir adalah Magister Sains bidang Teknologi Pasca-Panen dari IPB Bogor tahun 1995. Saat ini bekerja sebagai Peneliti Utama bidang Bioteknologi dan Pasca-Panen pada Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna–LIPI di Subang, Jawa Barat. Beberapa kegiatan dan penelitian yang telah dilakukan antara lain berhubungan dengan Pengembangan Masyarakat Pedesaan Wamena (1989–1990); Pemberdayaan Masyarakat Pedesaan Lombok Melalui Peningkatan Kemampuan Teknologi (1995–1999); Implementasi Iptekda di Lombok, Jember dan Madiun (1999–2004); Perancangan Sistem Produksi Produk Olahan Berbasis Jagung: Beras Jagung Instan Berserat (2010–2011).



Enny Sholichah lahir di Tuban pada tahun 1980. Menyelesaikan pendidikan S1 jurusan Kimia Universitas Brawijaya Malang pada tahun 2002. Bekerja di Balai Besar Pengembangan teknologi Tepat Guna LIPI sejak 2005 sampai sekarang sebagai peneliti di bidang Kimia Industri. Kegiatan penelitian dan pengembangan yang pernah dilakukan adalah pengembangan produk minuman instan berbasis empon-empon, VCO dan turunannya di Inkubator Teknologi dan Bisnis Dawuan-Subang (2005–2007), pengembangan limbah buah-buahan (2007–2009), produksi bersih untuk UKM Tahu (2009),

pengembangan limbah pertanian jagung (2011), Perancangan Sistem Produksi Produk Olahan Berbasis Jagung: Beras Jagung Instan Berserat (2010–2011), dan pengembangan produk olahan kakao di Poso Sulawesi Tengah (2012).



Nok Afifah lahir di Pemalang, 30 Mei 1978. Menyelesaikan pendidikan S1 jurusan S1–Teknik Kimia, Universitas Gadjah Mada pada tahun 2001. Bekerja di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna LIPI sejak 2005 sampai sekarang sebagai peneliti di bidang Kimia-kimia lainnya. Kegiatan penelitian dan pengembangan yang pernah dilakukan adalah Perekayasaan Peralatan Tepat Guna Pasca-Panen Kacang Tanah (2007), Perancangan Sistem Produksi Produk Olahan Berbasis Jagung: Beras Jagung Instan Berserat (2010) dan Pengembangan Teknologi Proses

Produksi Mi Instan Berbasis Jagung dan Umbi-Umbian: Mi Jagung Instan

(2011) serta Kajian Tekno Produksi Pemanfaatan Limbah Jagung Menjadi Briket Arang (2011).



Rohmah Luthfiyanti, lahir di Rangkasbitung Banten. Sejak tahun 2005 bekerja di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (BBPTTG–LIPI) Subang, sebagai Peneliti Bidang Pangan dan Bioteknologi Industri. Menyelesaikan pendidikan S1 di Institut Pertanian Bogor (IPB) Jurusan Teknologi Industri Pertanian. Kegiatan penelitian dan

pengembangan yang pernah dilakukan adalah Penguatan Usaha Kecil Pengolahan Kakao Melalui Teknologi Pengolahan Kakao Skala Kecil di Kabupaten Poso Sulawesi Tengah (2012). Selain itu, juga pernah menjadi penanggung jawab tolak ukur Penelitian Pengembangan Teknologi Proses Produksi *Food Bar* Berbasis Pisang Untuk UMKM (2011), Perancangan Sistem Produksi Produk Olahan Berbasis jagung: Beras Jagung Instan Berserat (2010–2011), Kajian Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna (TTG) Pada Penerapan *Cleaner Production* di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang (2009), Pengembangan Sistem Produksi Limbah Buah-Buahan (2008), Peningkatan Kapasitas dan Kualitas Produksi UKM Ceker Ayam di Klaten Jawa tengah (2007), dan Pengembangan Produk Agroindustri Nenas dalam Semi Produksi (2005–2007).



Yusuf Andriana, lahir di Grobogan, Jawa Tengah, 15 September 1984. Pendidikan sarjana diperoleh dari Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor pada tahun 2008. Penulis menjadi staf peneliti di Balai Besar Pengembangan Teknologi Tepat Guna (B2PTTG), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) sejak tahun 2009. Pada tahun 2012 diterima menjadi special research student di Graduate School for International Development and Cooperation (IDEC), Hiroshima University, Japan. Saat ini sedang

menyelesaikan pendidikan program S2 di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bidang penelitian yang diminatinya adalah rekayasa system produksi agroindustri, manajemen rantai pasok agroindustri, optimasi system agroindustri, dan produksi bersih.

Pemanfaatan Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan *Cleaner Production*

di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang

Industri kecil pengolahan pangan, khususnya pengolahan tahu, memanfaatkan air cukup banyak, namun juga menghasilkan limbah cair dan limbah padat sehingga mencemari lingkungan sekitar industri. Kajian terhadap peluang pemanfaatan teknologi tepat guna ini dikaitkan dengan penerapan konsep produksi bersih di industri kecil pengolahan tahu, khususnya industri kecil pengolahan tahu di Subang dan Sumedang.

Buku ini juga menyajikan beberapa manfaat penerapan teknologi produksi bersih pada industri pengolahan tahu, di antaranya dapat menghemat penggunaan air bersih, meningkatkan jumlah produksi tahu, mengurangi limbah cair, dan memanfaatkan limbah padat. Hasil rekomendasi teknis diharapkan dapat dimanfaatkan oleh pihak-pihak yang berkepentingan, antara lain Dinas Perindustrian, Badan Pengendalian Lingkungan Hidup, dan Industri Tahu.

Dengan demikian, penerapan *cleaner production* diharapkan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak yang berkepentingan dalam rangka meningkatkan kualitas industri kecil dan menengah, khususnya pengolahan tahu.



Buku Obor

Distributor:

Yayasan Obor Indonesia
Jl. Plaju No. 10 Jakarta 10230
Telp. (021) 319 26978, 392 0114
Faks. (021) 319 24488
yayasan_obor@cbn.net.id

LIPI Press

